NOVA

3 B

MAX

VMBO-K

Nasks 1
Natuurkunde



NAAM EN KLAS:

MALMBERG

NOVA

3 VMBO-K deel B

Nask 1

Auteurs
S. Michon
F. Kappers
C. Schatorjé
T. Seynaeve

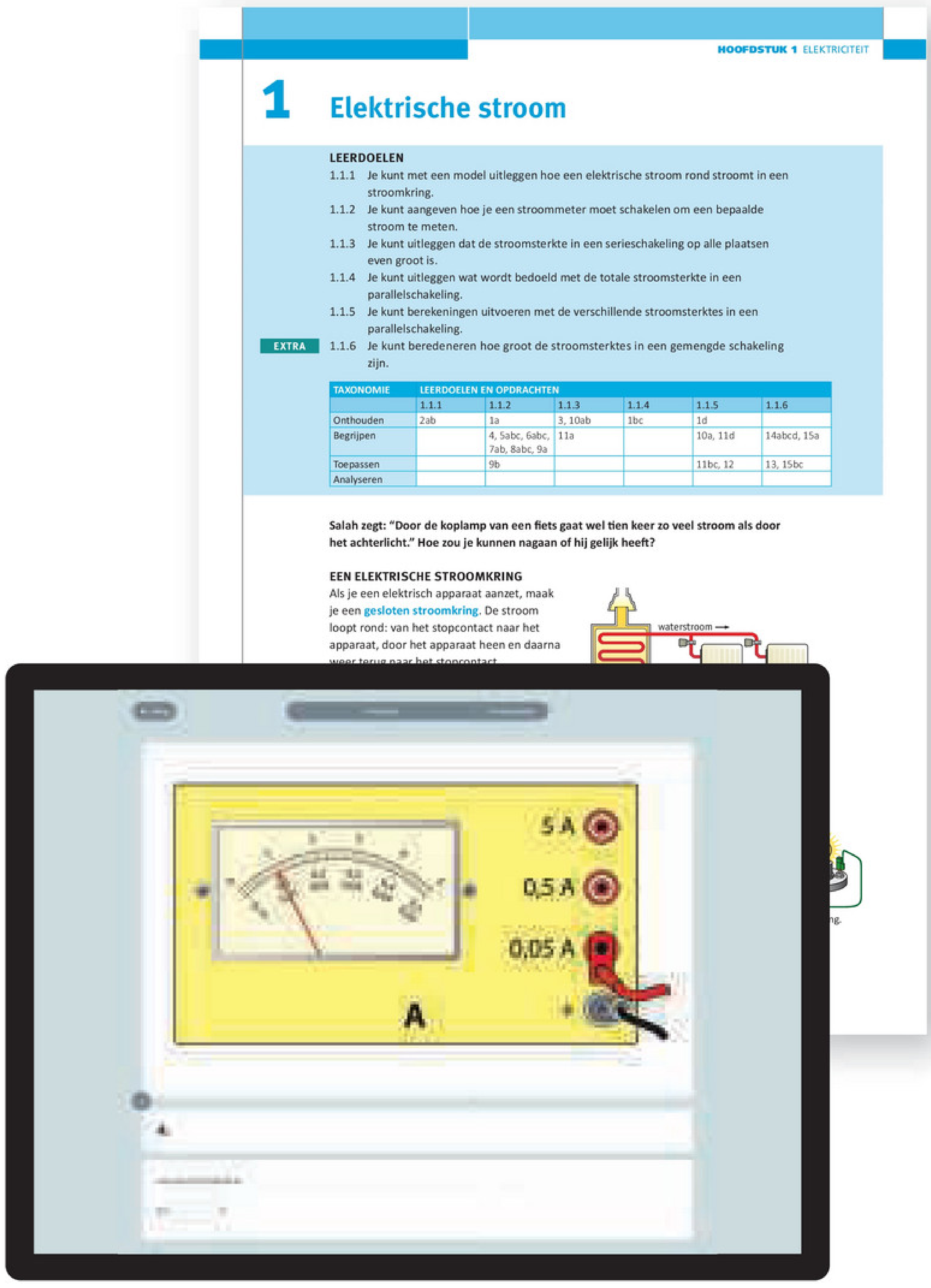
MAX Release 2021

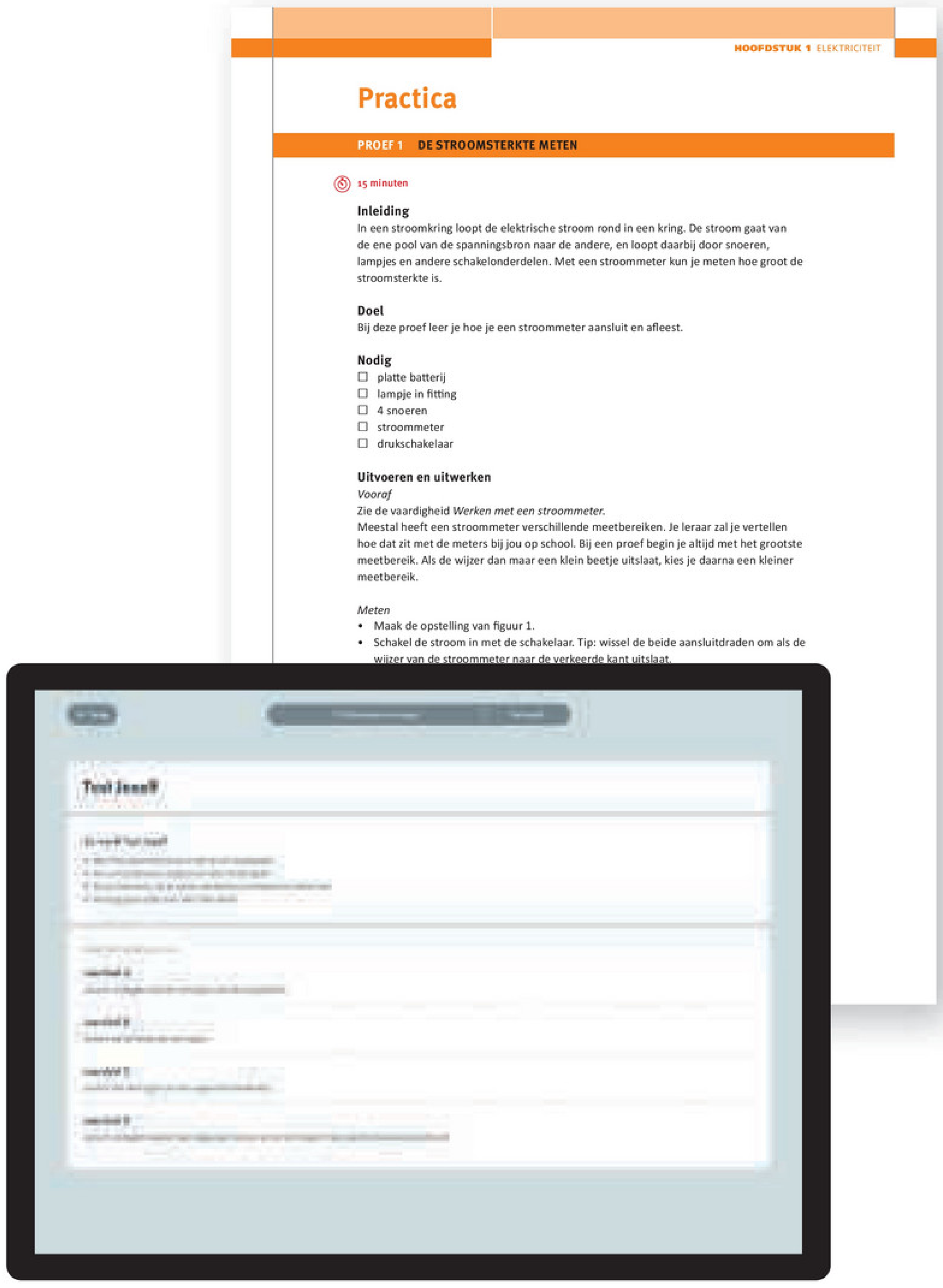
www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?

Natuurkunde gaat over de wereld om je heen. Met *Nova* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!





Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je leraar kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in een Introductie waarin je je voorkennis test, Theorieparagrafen, een Practicumparagraaf en een Afsluiting. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren en op welk taxonomieniveau je het geleerde oefent bij de opdrachten. Met de extra stof kun je jezelf uitdagen. Bij de practica ga je zelf aan de slag en leer je onderzoeken. In de Afsluiting vind je een overzicht van de leerstof in de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je test je voorkennis met de *Voorkennistoets*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf* en *Oefentoets*.
- Je leraar volgt hoe je het doet.

Vaardigheden

Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden. Daarin worden de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de *Vaardigheidstrainer*.

Goede voorbereiding op de toets!

In de Afsluiting in het boek vind je in elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets. In de online paragraaf Afsluiting vind je *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan aan het einde van elke paragraaf de *Test jezelf* of *Oefentoets*.





Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je schrijft je berekeningen op.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

- Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.
- PROEF 1 — Er is een proef bij deze lesstof.
- Met deze proef ben je zo lang bezig.
- Deze opdracht biedt extra uitdaging.
- Deze opdracht maak je het best in het boek.

Inhoud Deel A

Inhoud Deel B

5 Licht

LICHT


Dankzij licht kun je in het donker zien en is het veiliger op straat. De zon en sterren zijn natuurlijke lichtbronnen. In Nederland kun je de sterren nauwelijks zien door lichtvervuiling die afkomstig is van kunstmatige lichtbronnen. In de Randstad is de lichtvervuiling het grootst: echt donker bestaat daar niet meer.



INTRODUCTIE

THEORIE

AFSLUITING



Wat weet je al over licht?

LEERDOELEN

1 Je kunt voorbeelden geven van natuurlijke en kunstmatige lichtbronnen.
2 Je kunt uitleggen hoe je voorwerpen die zelf geen licht geven kunt zien.
3 Je kunt vertellen uit welke verschillende kleuren wit licht bestaat.
4 Je kunt enkele toepassingen van infrarode straling benoemen.
5 Je kunt de gevaren van ultraviolette straling voor de mens benoemen.
6 Je kunt uitleggen dat een spiegelbeeld op een belangrijk punt verschilt van de wereld voor de spiegel.
7 Je kunt schematisch tekenen hoe een lichtstraal door een spiegel wordt teruggekaatst.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over licht geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Wat zijn lichtbronnen?
dynamo – kaars – lamp – maan – schakelaar – stopcontact – tv-scherm – zon

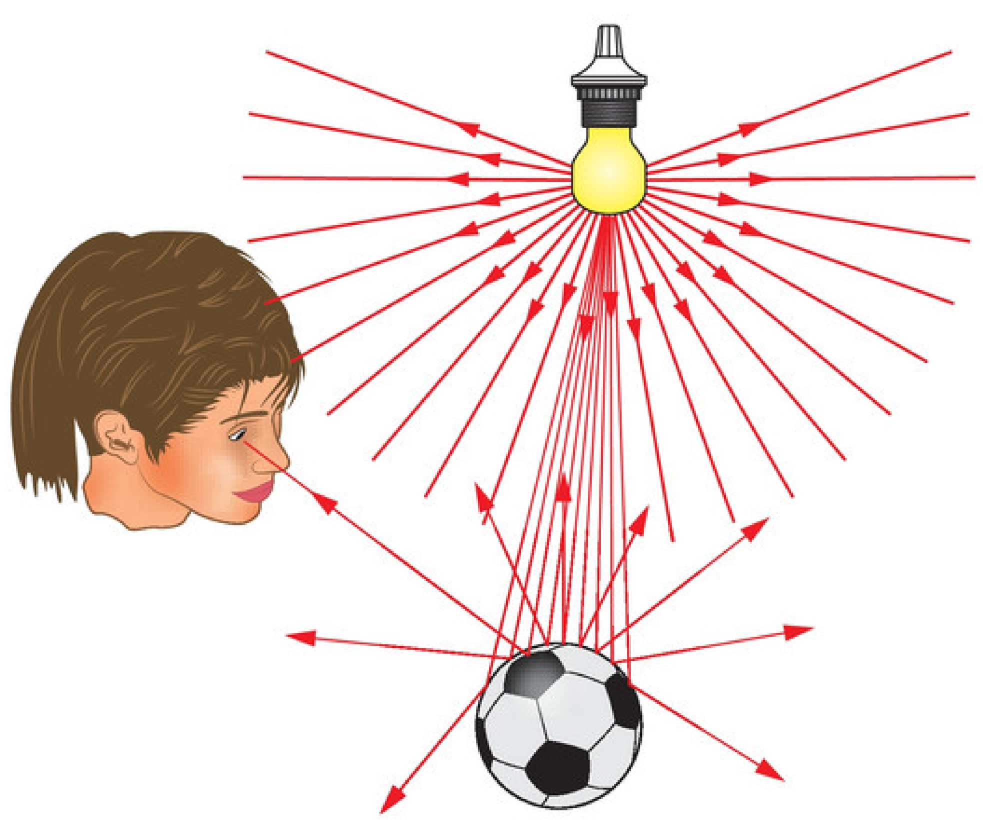
2 De voetbal in figuur 1 geeft zelf geen licht. Toch kan het meisje de bal zien. De zinnen hierna beschrijven hoe dit kan.
Zet de zinnen in de juiste volgorde. Gebruik de nummers 1 tot en met 4.

.... De lamp straalt licht naar de voetbal.

.... De lichtstralen van de voetbal komen in de ogen van het meisje.

.... De voetbal weerkaatst de lichtstralen in alle richtingen.

.... Het meisje ziet nu de voetbal.



figuur 1 Het meisje ziet de bal.

3 Geef bij elk van de lichtbronnen aan of het om een natuurlijke of een kunstmatige lichtbron gaat.
een ledlamp: *natuurlijke / kunstmatige* lichtbron
een ster: *natuurlijke / kunstmatige* lichtbron
een kaars: *natuurlijke / kunstmatige* lichtbron
bliksem: *natuurlijke / kunstmatige* lichtbron

4 Als zonlicht op regendruppels valt, ontstaat er een regenboog.
Schrijf de zes kleuren van de regenboog op in de juiste volgorde, van boven naar beneden.

1 r......................

2 o......................

3 g......................

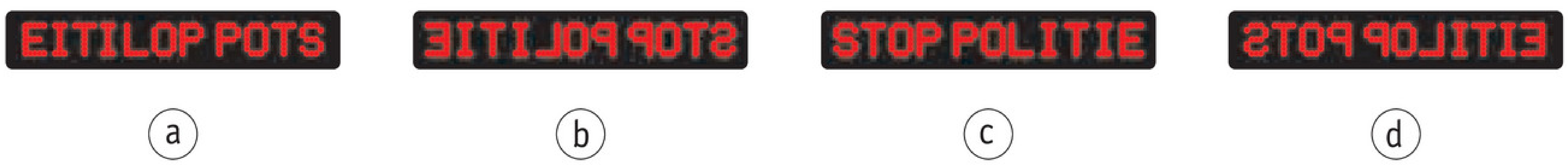
4 g......................

5 b......................

6 v......................

5 Kies de juiste woorden.
Infrarode straling kun je *wel* / *niet* zien.
Ultraviolette straling kun je *wel* / *niet* zien.
Je huid wordt bruin van *infrarode* / *ultraviolette* straling.
Een afstandsbediening zendt *infrarode* / *ultraviolette* straling uit als je op een knopje drukt.

6 Je rijdt op je scooter net iets te hard door de bebouwde kom. Achter je hoor je de sirene van een politieauto. Je kijkt in je spiegel en ziet STOP POLITIE op het matrixbord (figuur 2).
Je draait je hoofd en kijkt achterom.
Wat zie je dan op het matrixbord van de auto staan? *a* / *b* / *c* / *d*





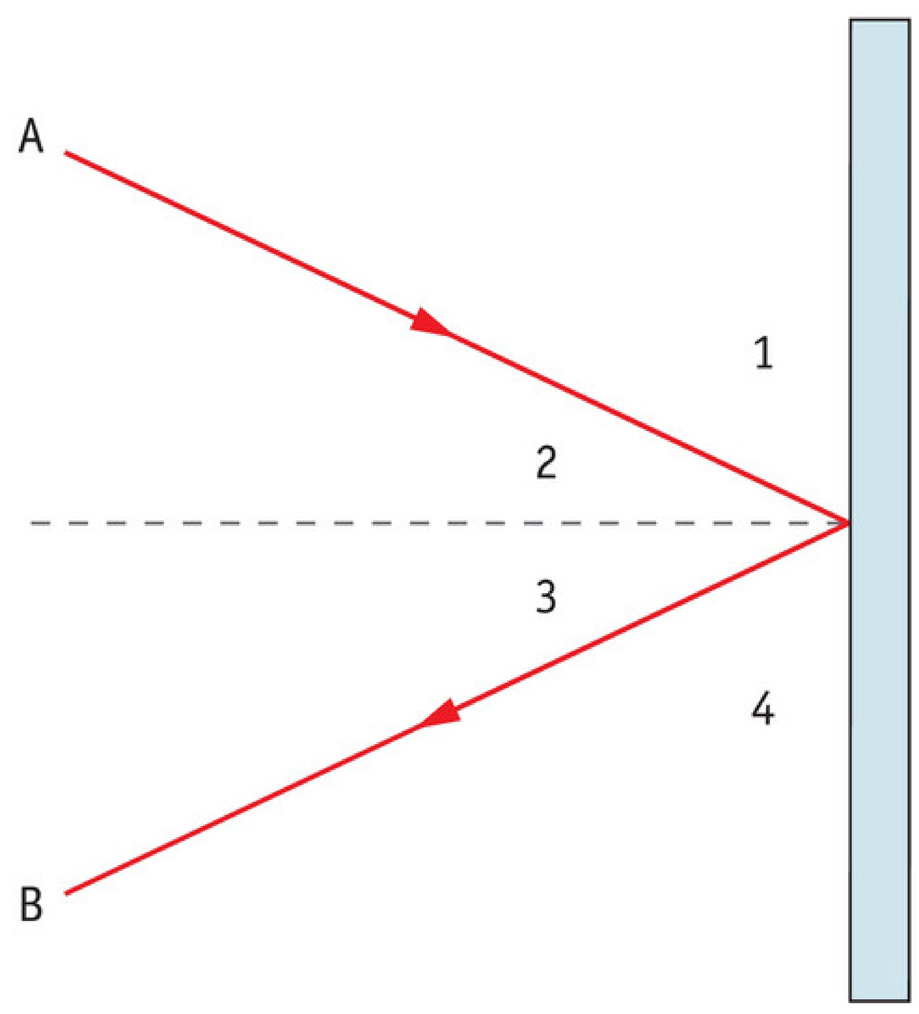
figuur 2 Stop politie.

7 In figuur 3 zie je hoe een lichtstraal wordt teruggekaatst door een spiegel.

a Lichtstraal B is de *invallende* / *teruggekaatste* lichtstraal.

b Wat is de hoek van inval?

○ A hoek 1
○ B hoek 2
○ C hoek 3
○ D hoek 4



figuur 3 Een spiegel kaatst een lichtstraal terug.

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Licht, schaduw en spiegels

LEERDOELEN

5.1.1 Je kunt beschrijven hoe licht en andere vormen van straling zich verspreiden.
5.1.2 Je kunt uitleggen wat er kan gebeuren als licht op een voorwerp valt.
5.1.3 Je kunt het verschil toelichten tussen spiegelende en diffuse terugkaatsing.
5.1.4 Je kunt de schaduw tekenen van een voorwerp dat door een lichtbron wordt verlicht.
5.1.5 Je kunt uitleggen hoe lichtstralen door een vlakke spiegel worden teruggekaatst.
5.1.6 Je kunt het spiegelbeeld tekenen van een voorwerp dat voor een spiegel staat.
5.1.7 Je kunt tekenen hoe een lichtbundel door een spiegel wordt teruggekaatst.
EXTRA 5.1.8 Je kunt het gezichtsveld tekenen dat iemand via een spiegel kan overzien.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	5.1.1	5.1.2	5.1.3	5.1.4	5.1.5	5.1.6	5.1.7	5.1.8
Onthouden	6		4	1	2, 3, 5abc			15, 16a
Begrijpen	8ab, 13a	7, 11ab		10bd				
Toepassen	8c			9, 10a	13d	12ab	14ab	17ab
Analyseren	13bc		11c	10c			12c	16b

Tandartsen gebruiken een spiegeltje om de achterkant van je tanden te bekijken. Hoe komt het dat je met een spiegel om een hoekje kunt kijken?

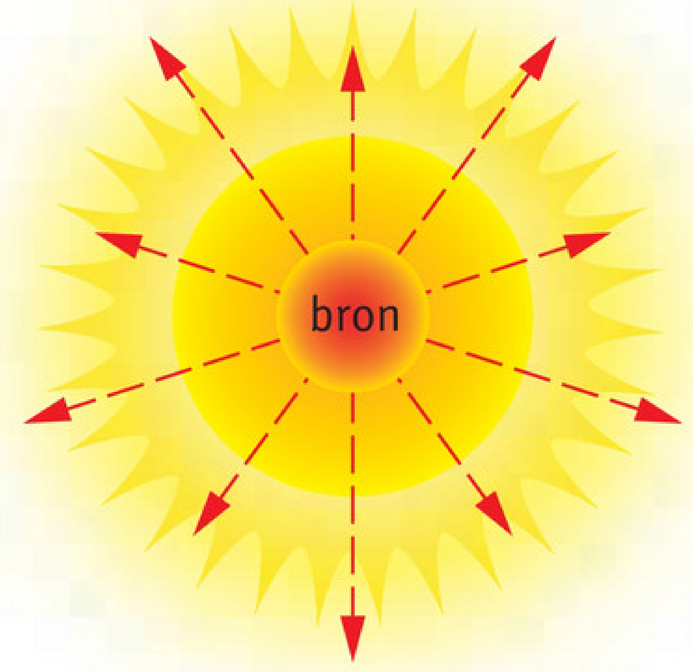
LICHTSTRALEN

Als je naar een lamp kijkt, valt er licht van de lamp in je ogen. Daardoor kun je de lamp zien. Omdat een lamp zelf licht geeft, noem je een lamp een **lichtbron**. Andere lichtbronnen zijn de zon, de flitser van een camera en een brandende kaars. De meeste voorwerpen om je heen geven zelf geen licht. Je kunt ze zien doordat ze het licht van een lichtbron weerkaatsen, zodat het in je ogen terechtkomt.

Door **lichtstralen** te tekenen, kun je laten zien hoe het licht bij de lichtbron vandaan beweegt. De pijlen geven de richting aan die het licht volgt. Lichtstralen zijn recht, want licht beweegt langs rechte lijnen. Een **lichtbundel** uit een zaklamp of een schijnwerper bestaat uit enorm veel lichtstralen. Maar je tekent meestal alleen de twee buitenste stralen die de bundel begrenzen.

Licht is de bekendste vorm van **straling**, omdat je licht direct met je ogen kunt waarnemen. Andere vormen van straling vallen minder op, omdat je die niet kunt zien. Toch heb je er regelmatig mee te maken. Denk bijvoorbeeld aan:
- de microgolven waarmee een magnetron een glas melk opwarmt;
- de infrarode straling (warmte) die een radiator van de cv uitstraalt;
- de ultraviolette straling van de zon die je huid kleurt;
- de röntgenstraling van een röntgenapparaat bij de tandarts.

Kenmerkend voor straling is de manier waarop ze zich verspreidt (figuur 1). De straling komt uit een bron en beweegt daar in alle richtingen bij vandaan.



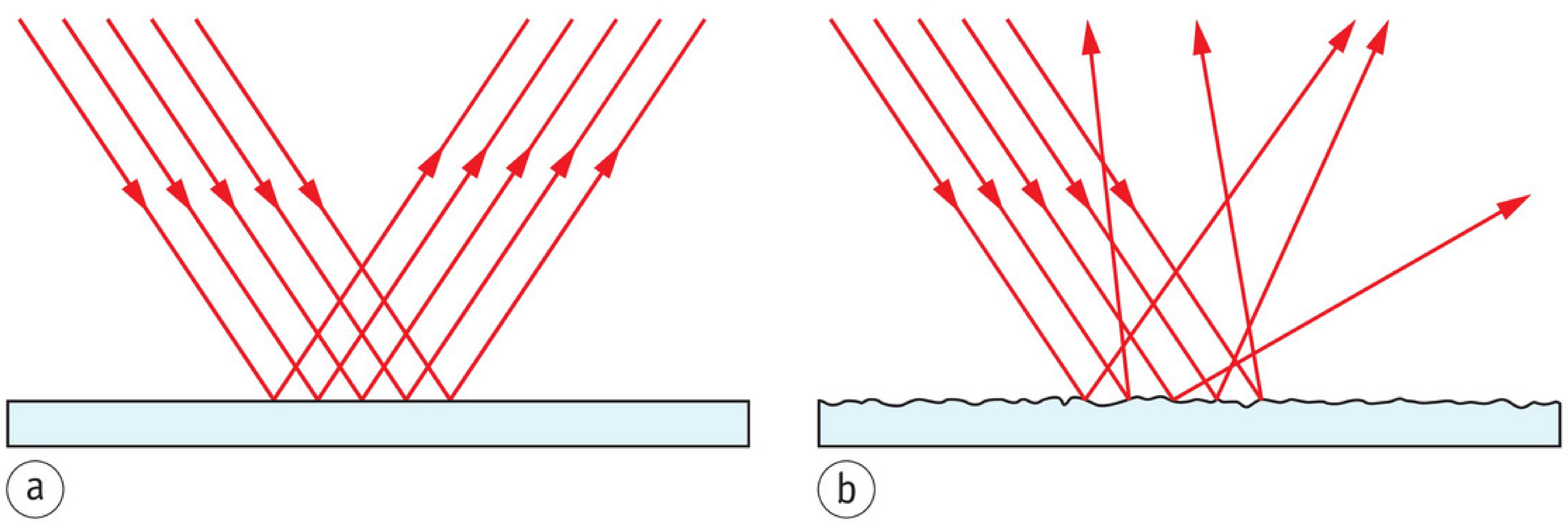
figuur 1 Straling beweegt vanuit een bron.

ABSORBEREN, DOORLATEN EN TERUGKAATSEN

Als licht op een voorwerp terechtkomt, kunnen er drie dingen gebeuren:

- Het voorwerp kan het licht **absorberen**. Het licht verdwijnt dan en wordt omgezet in warmte. Hoe donkerder een voorwerp, des te meer licht het absorbeert. Dat merk je als je een stuk zwart papier in de zon legt: het zwarte papier absorbeert veel licht en wordt daardoor snel heet.
- Het voorwerp kan het licht doorlaten. Het licht beweegt dan door het voorwerp heen en komt aan de andere kant weer tevoorschijn. Voorwerpen die van een doorzichtige stof zijn gemaakt, zoals brillenglazen en vensterruiten, laten het licht grotendeels door.
- Het voorwerp kan het licht terugkaatsen. Dat kan op twee manieren. Bij **spiegelende terugkaatsing** zoals in figuur 2a blijven de lichtstralen net zo geordend als in de oorspronkelijke lichtbundel. Bij **diffuse terugkaatsing** zoals in figuur 2b bewegen ze ongeordend alle kanten op.

figuur 2 Spiegelende terugkaatsing (a) en diffuse terugkaatsing (b).



Meestal doet een voorwerp twee of zelfs drie van deze dingen tegelijk. Een vel zwart papier absorbeert een groot deel van het licht, maar weerkaatst ook een klein gedeelte. Vensterglas laat het meeste licht door, maar absorbeert en weerkaatst ook licht. Daardoor kun je niet alleen door een ruit heen kijken, maar de ruit ook als spiegel gebruiken (figuur 3).



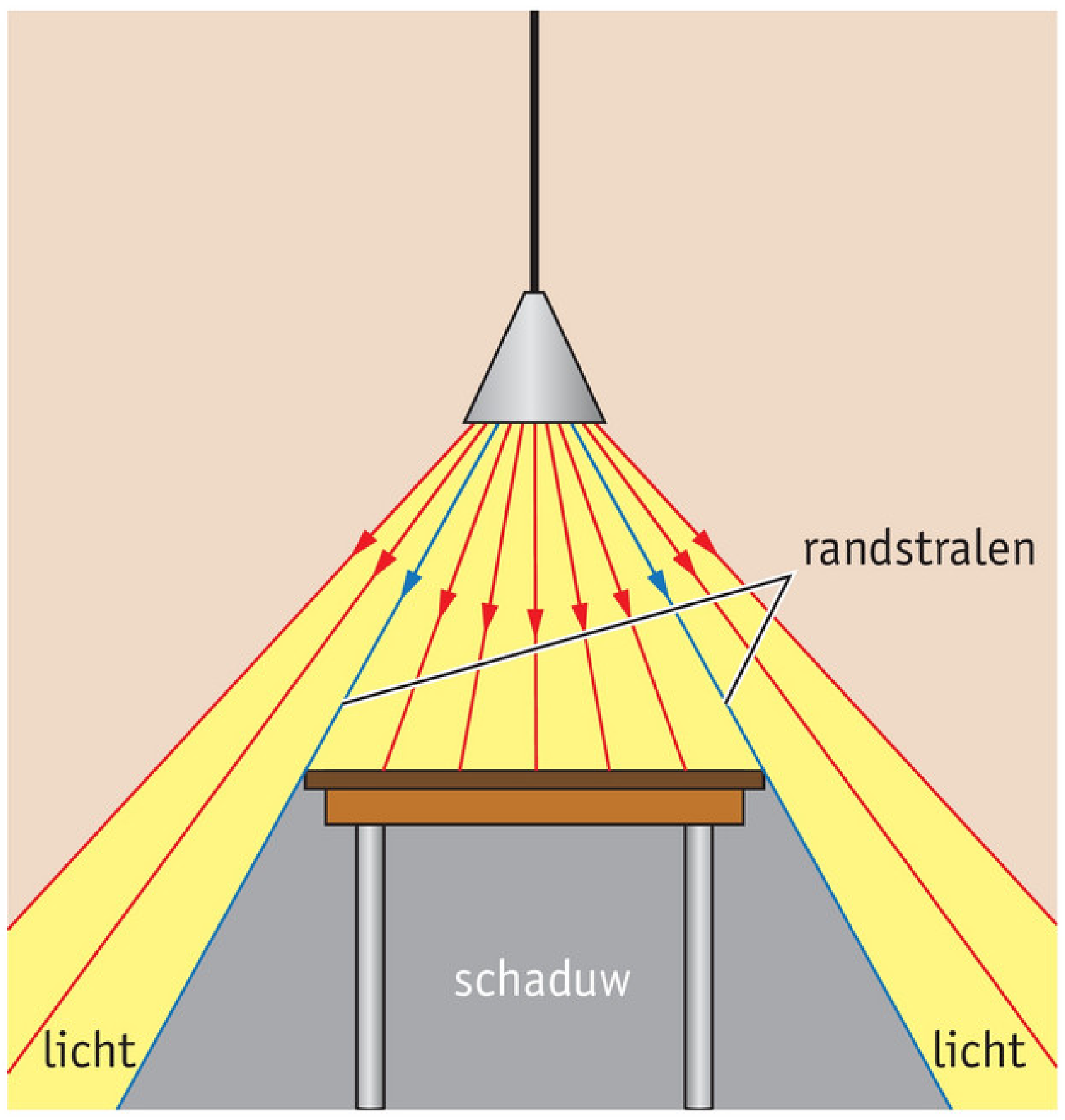
figuur 3 Glas laat licht grotendeels door, maar weerkaatst ook licht.

SCHADUW

In figuur 4 is getekend hoe **schaduw** ontstaat. Het licht van een lamp kan niet door het tafelblad heen bewegen. Het wordt voor een deel geabsorbeerd en voor een deel weerkaatst. Daardoor is er onder de tafel een gebied waar het licht niet kan komen. Dat gebied noem je de schaduw van de tafel.

Je kunt er als volgt achter komen hoe de schaduw van een voorwerp eruitziet:

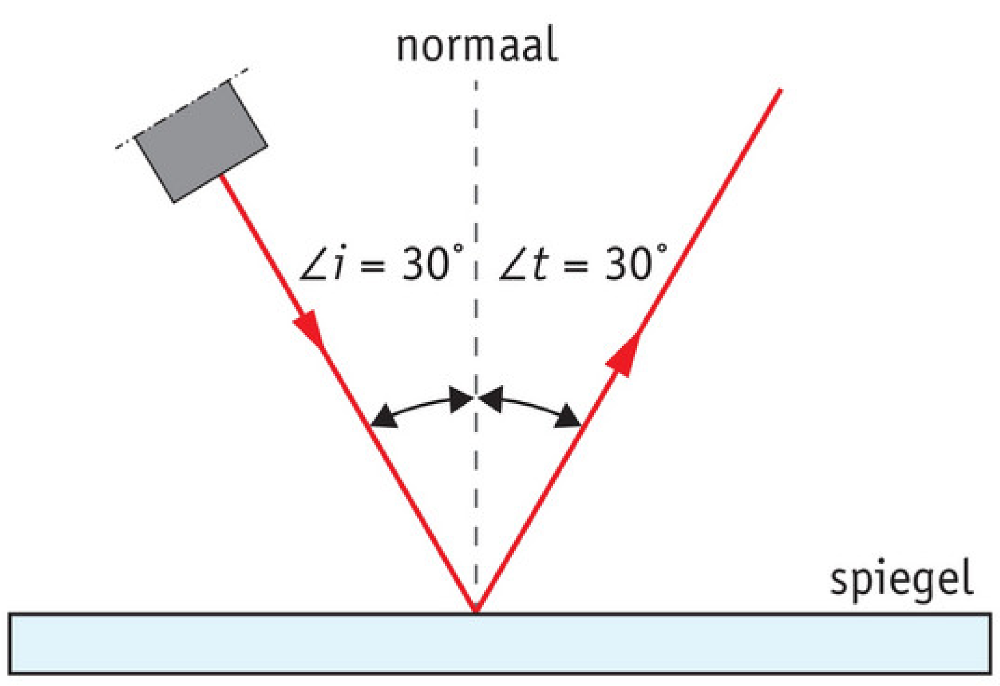
- Teken de **randstralen**. Dat zijn de lichtstralen die net niet door het voorwerp worden tegengehouden.
- Arceer het gebied tussen deze randstralen. Dit is de schaduw van het voorwerp.



figuur 4 Zo ontstaat schaduw.

SPIEGELS

In figuur 5 zie je hoe een vlakke spiegel een lichtstraal weerkaatst. Op de plaats waar de lichtstraal de spiegel raakt, is de **normaal** getekend. Dat is een lijn die loodrecht op de spiegel staat. Verder zijn de **hoek van inval** ($\angle i$) en de **hoek van terugkaatsing** ($\angle t$) aangegeven.



figuur 5 Hoek van inval is hoek van terugkaatsing.

Je ziet dat de hoek van inval even groot is als de hoek van terugkaatsing. In een formule:

hoek van inval = hoek van terugkaatsing

In symbolen schrijf je de formule als volgt:

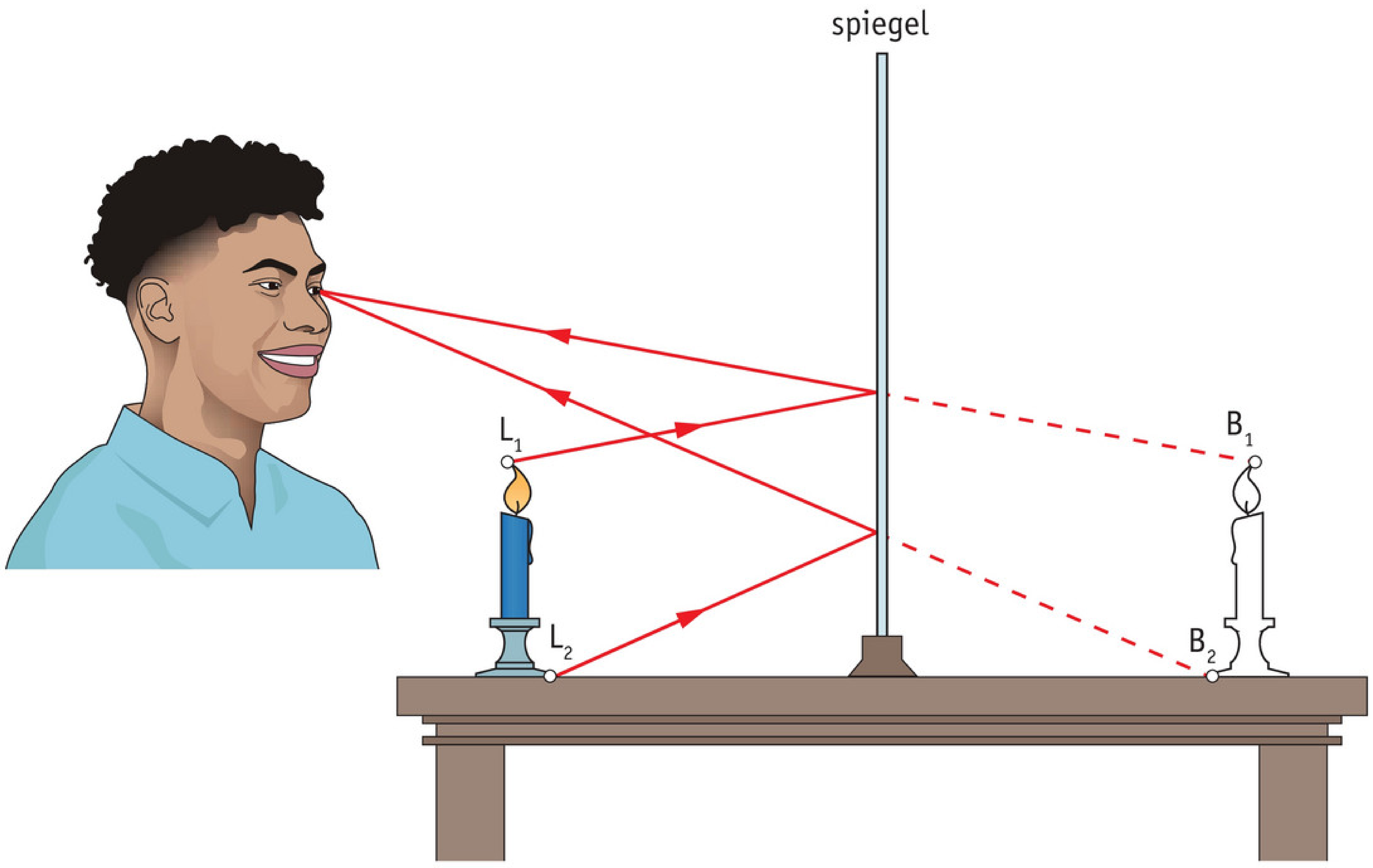
$\angle i = \angle t$

In deze formule is:
- $\angle i$ de hoek van inval in graden (°);
- $\angle t$ de hoek van terugkaatsing in graden (°).

Deze regel noem je de spiegelwet.

SPIEGELBEELDEN

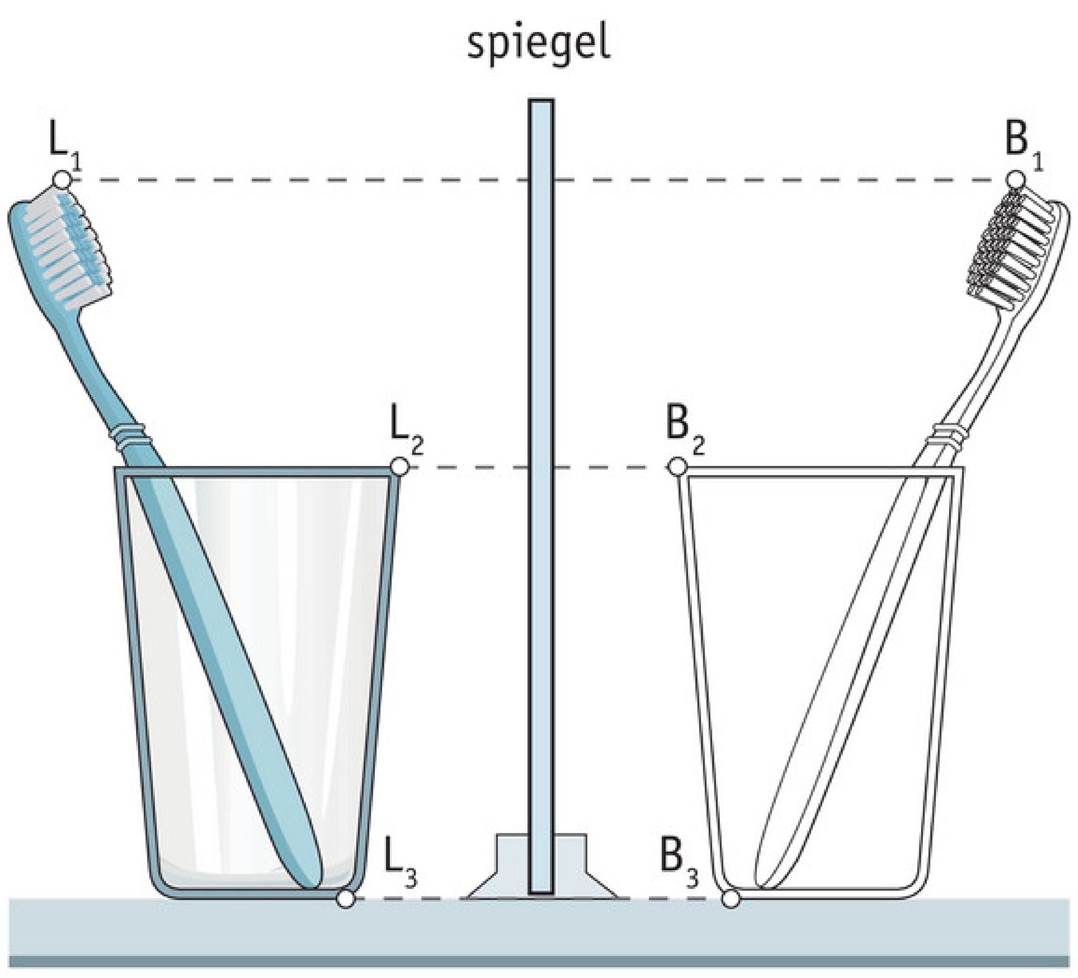
Achter een spiegel lijkt zich een beeld te bevinden van je eigen wereld. In figuur 6 is getekend hoe een **spiegelbeeld** ontstaat. Vanuit elk punt L van het voorwerp valt er licht op de spiegel. De spiegel kaatst dit licht terug naar je ogen. Daardoor lijkt het licht uit een punt B achter de spiegel te komen. B is een van de punten van het spiegelbeeld.



figuur 6 Een virtueel beeld van een kaars.

Een spiegelbeeld is een **virtueel beeld**. Daarmee wordt bedoeld dat het beeld niet echt is. Het lijkt wel alsof er achter de spiegel iets is, maar er is niets. Je kunt een virtueel beeld niet zichtbaar maken op een scherm. Je ziet het alleen als je in de spiegel kijkt. Er bestaan ook beelden die je op een scherm projecteert, bijvoorbeeld met een beamer. Over deze reële beelden leer je meer in paragraaf 3.

In figuur 7 zie je hoe je de plaats van het spiegelbeeld bepaalt. Je tekent een lijn loodrecht op de spiegel, van elk punt naar zijn spiegelbeeld. Het spiegelbeeld ligt even ver achter de spiegel als het voorwerp ervoor.



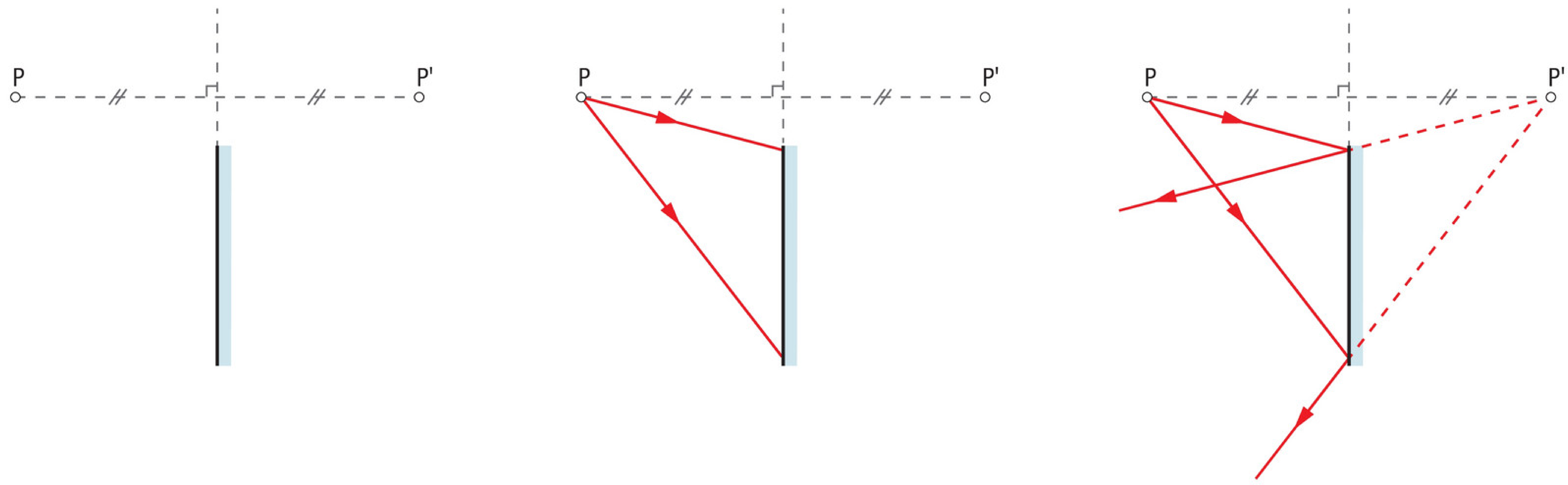
figuur 7 Een echte en een virtuele tandenborstel.

Met behulp van de spiegelwet (∠*i* = ∠*t*) kun je tekenen hoe een lichtstraal door een vlakke spiegel wordt teruggekaatst. Voor de terugkaatsing van een lichtbundel teken je dan de twee buitenste lichtstralen. Je kunt de teruggekaatste bundel ook tekenen met behulp van het spiegelbeeld van de lichtbron (figuur 8):

1 Teken P', het spiegelbeeld van de lichtbron P.
2 Teken twee lichtstralen vanuit P naar de randen van de spiegel.
3 Teken de teruggekaatste lichtstralen alsof ze uit P’ komen.

Maak de bundel af door het gebied tussen de invallende en de teruggekaatste lichtstralen in te kleuren.

figuur 8 Zo teken je de teruggekaatste bundel.



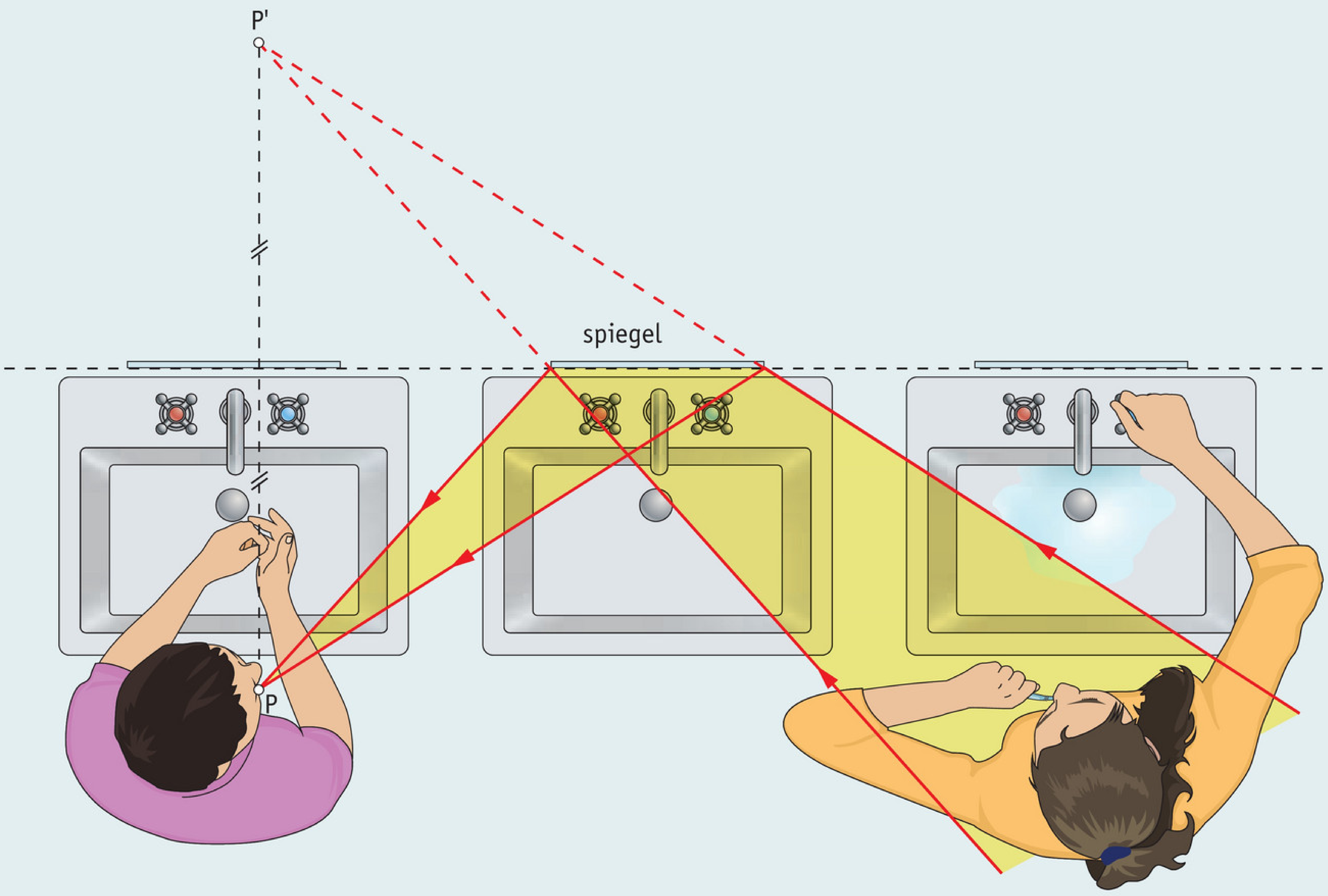
1 Teken het beeldpunt P'. 2 Teken de randstralen. 3 Teken de teruggekaatste lichtstralen.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA HET GEZICHTSVELD VIA EEN SPIEGEL

Via een spiegel kun je een bepaald gebied overzien. Dat gebied noem je het gezichtsveld. Je kunt het gezichtsveld tekenen met behulp van de spiegelwet ($\angle i = \angle t$). Maar ook nu is er een snellere manier (figuur 9).

Teken eerst het spiegelbeeld P' van de waarnemer P. Teken daarna de randstralen die via de spiegel in de ogen van P terechtkomen, dus met de pijlen naar de waarnemer toe. Teken ten slotte vanuit P' twee stippellijnen tot aan de rand van de spiegel. Teken in het verlengde daarvan twee lichtstralen naar de spiegel toe. Het gebied tussen de twee lichtstralen is het gezichtsveld.



figuur 9 Zo bepaal je het gezichtsveld via een spiegel.

Het gezichtsveld speelt een belangrijke rol bij autorijden. Automobilisten gebruiken spiegels om de weg achter zich en naast de auto in de gaten te houden. Maar met die spiegels kunnen ze niet de hele weg overzien. Het deel van de weg dat ze niet kunnen zien noem je de dode hoek. Iemand die zich in de dode hoek bevindt, valt buiten hun gezichtsveld. Dat kan gevaarlijk zijn (figuur 10).



figuur 10 Bij het achteruitrijden moet een automobilist extra goed opletten.

LEERSTOF

1 Je wilt de schaduw van een voorwerp tekenen.
Waar teken je de schaduw?
- ○ A tussen de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing
- ○ B tussen de randstralen
- ○ C tussen het voorwerp en de lichtbron

2 Wat geldt er bij spiegelende terugkaatsing?
- ○ A De hoek van inval is even groot als de hoek van terugkaatsing.
- ○ B De hoek van inval is groter dan de hoek van terugkaatsing.
- ○ C De hoek van inval is kleiner dan de hoek van terugkaatsing.

3 Om een teruggekaatste lichtstraal te tekenen, moet je een aantal lijnen tekenen.
Hoe noem je de lijn die loodrecht op de spiegel staat?
- ○ A de lichtstraal
- ○ B de normaal
- ○ C de randstraal

4 Vul de volgende woorden in op de juiste plek.
doorlaten – diffuse – hoek – inval – virtueel

- Een voorwerp kan het licht van een lichtbron absorberen, ... en/of weerkaatsen.
- Bij .... terugkaatsing bewegen de lichtstralen na weerkaatst te zijn, alle kanten op.
- Bij spiegelende terugkaatsing is de hoek van .... gelijk aan de .... van terugkaatsing.
- Een spiegelbeeld is een .... beeld: achter de spiegel is in het echt helemaal niets.

5 In figuur 11 is getekend hoe een lichtstraal door een spiegel wordt teruggekaatst.

a Hoe heet de stippellijn?

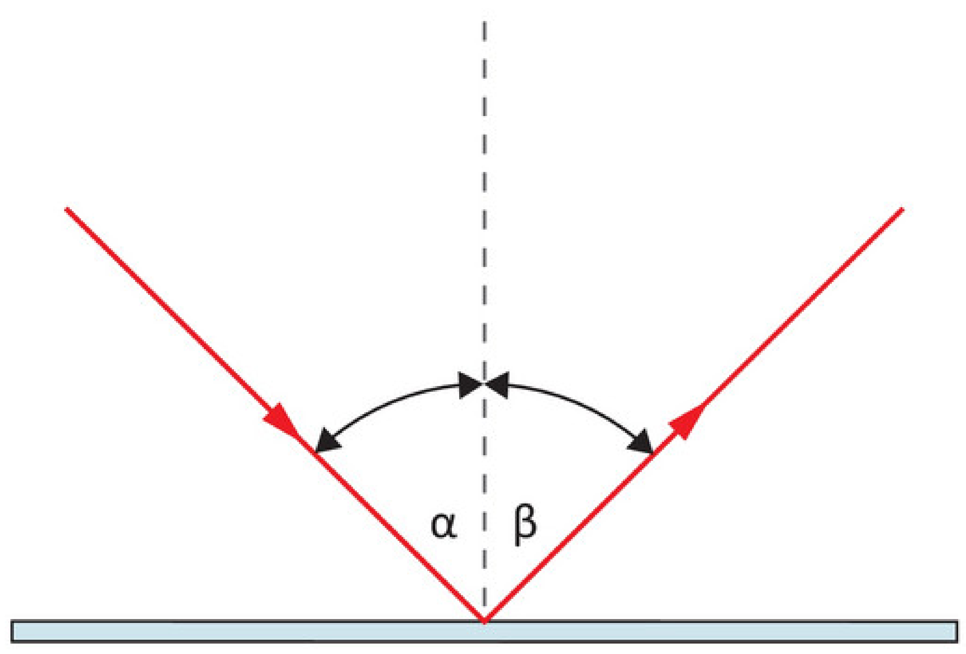
....

b Hoe heet hoek α?

....

c Hoe heet hoek β?

....



figuur 11 Lijnen en hoeken.

6 In de wereld om je heen kom je allerlei stralingsbronnen tegen.
Maak het overzicht in tabel 1 af.

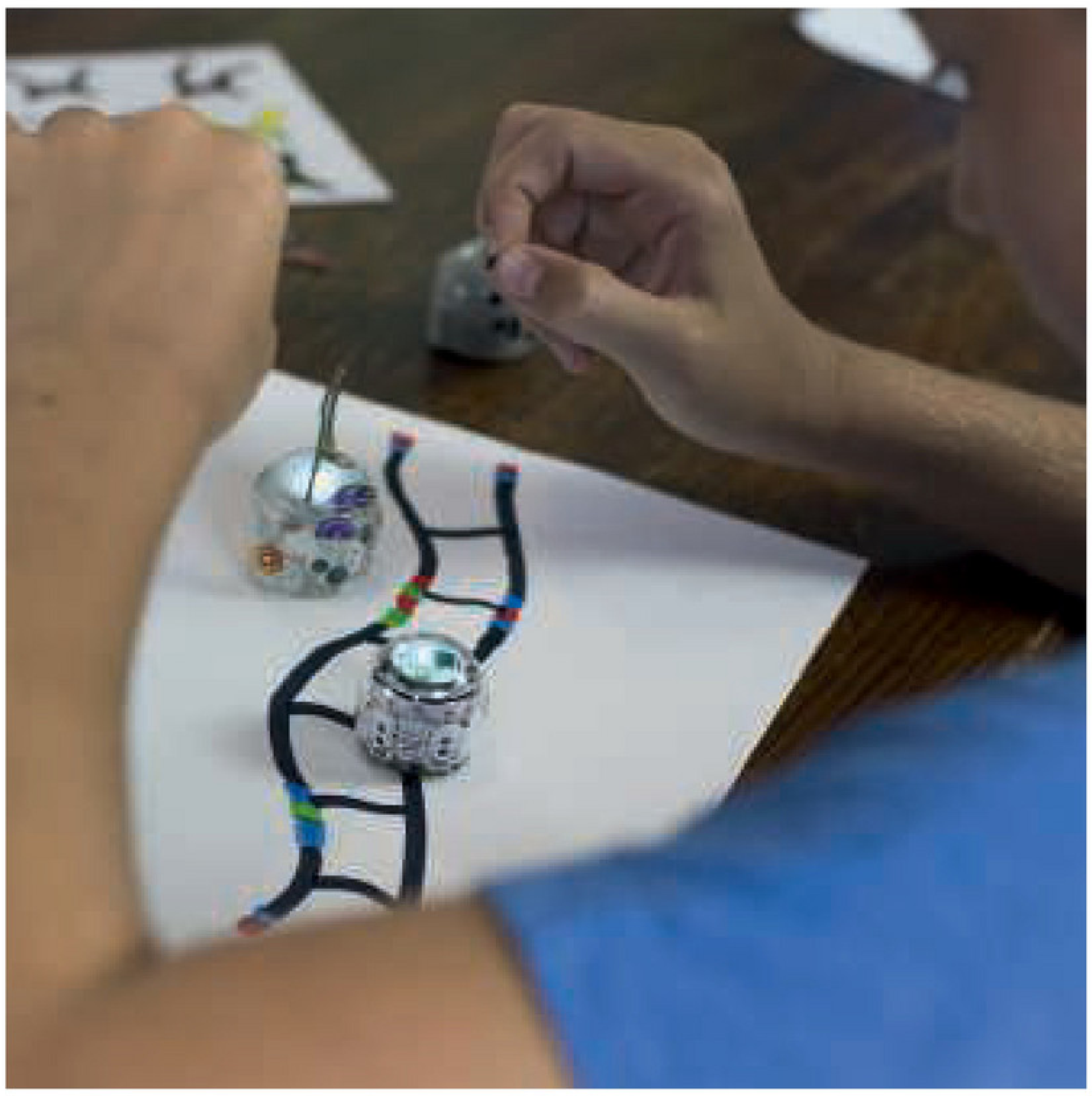
tabel 1 Vijf stralingsbronnen.

stralingsbron	soort straling
	microgolven
radiator van een cv	
	(zichtbaar) licht
	ultraviolette straling
röntgenapparaat	

TOEPASSING

7 De Ozobot is een speelgoedrobot met een lijnvolgsysteem. Dit systeem zit onder de robot. Hierdoor kan de robot een zwarte lijn volgen (figuur 12). Het lijnvolgsysteem werkt met infraroodlampjes en infraroodsensoren. De lampjes zenden infrarode straling uit. Deze straling wordt door de vloer gedeeltelijk weerkaatst en opgevangen door de sensoren. De straling die op een zwarte lijn valt, kaatst bijna niet terug.
Hoe heet de eigenschap die ervoor zorgt dat de straling die op de zwarte lijn valt, niet terugkaatst?

- ○ A absorberen
- ○ B geleiding
- ○ C schaduwvorming



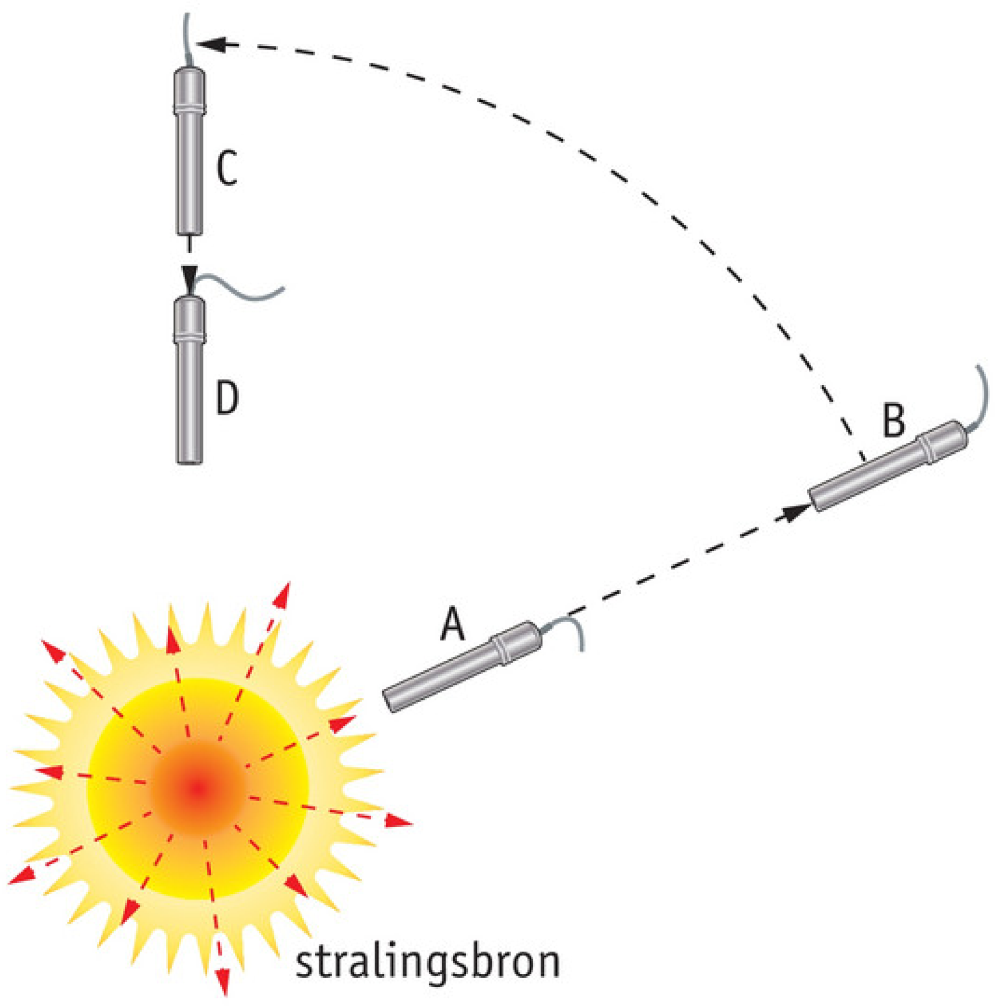
figuur 12 Een Ozobot volgt een lijn.

8 Een sensor wordt op verschillende plaatsen rond een stralingsbron neergezet (figuur 13). De stralingsbron zendt in alle richtingen evenveel straling uit.

a Waar vangt de sensor de grootste hoeveelheid straling op?
- ○ A Op plaats A.
- ○ B Op plaats B.
- ○ C Op plaats C.
- ○ D Op plaats D.

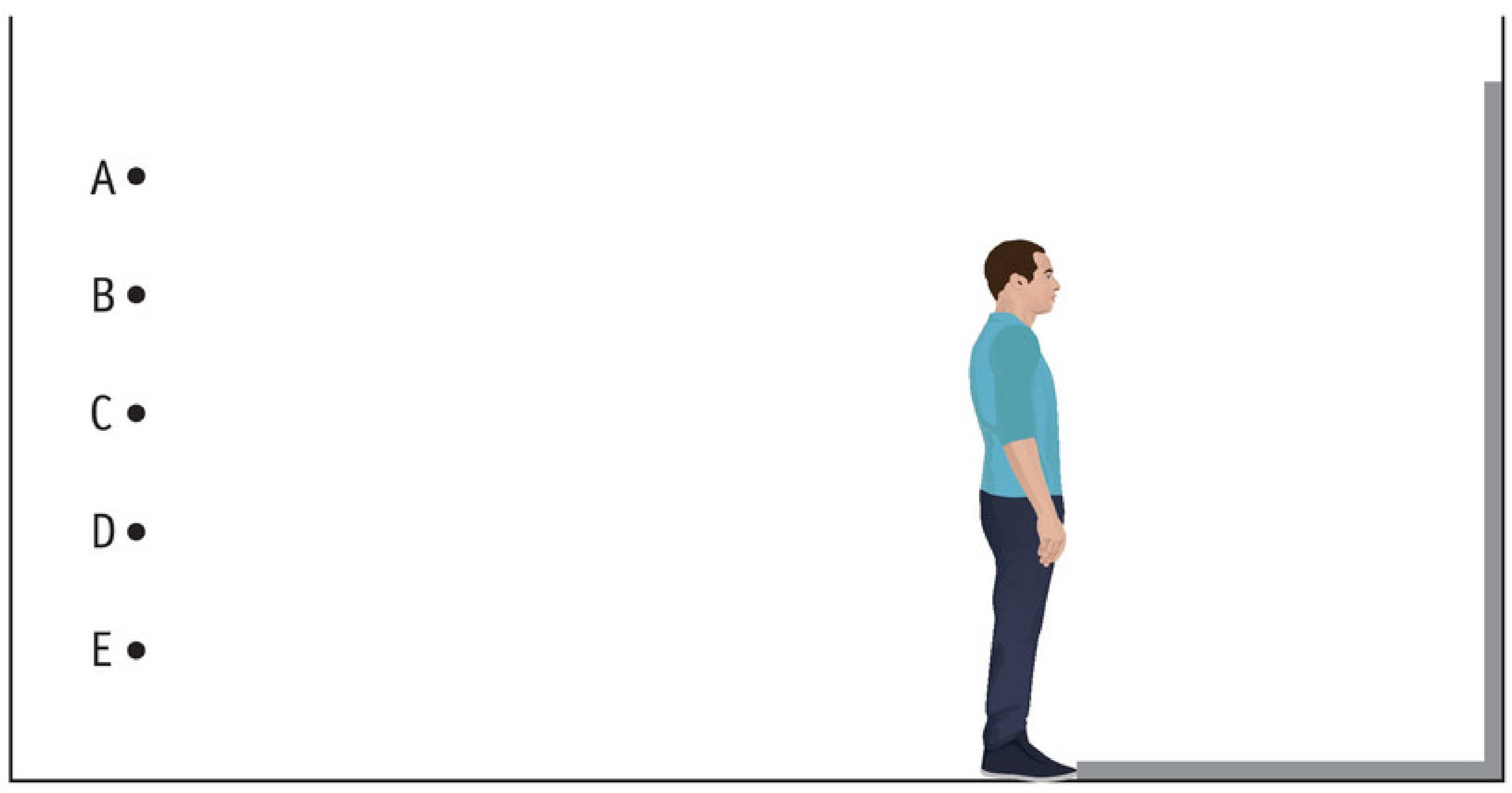
b Waar vangt de sensor de kleinste hoeveelheid straling op?
- ○ A Op plaats A.
- ○ B Op plaats B.
- ○ C Op plaats C.
- ○ D Op plaats D.

c De sensor wordt verschoven van plaats C naar plaats D.
Hoe verandert de hoeveelheid straling die de sensor daarbij opvangt?
De hoeveelheid straling die de sensor bereikt, wordt dan *groter* / *kleiner*.



figuur 13 Straling meten.

9 In figuur 14 zie je een schaduw op de vloer en de wand (de dikke lijn). Deze schaduw ontstaat, omdat zich achter de man een lamp bevindt.
Waar bevindt zich de lamp?
- ○ A op plaats A
- ○ B op plaats B
- ○ C op plaats C
- ○ D op plaats D
- ○ E op plaats E



figuur 14 Welke lamp geeft de schaduw op de wand?

★ 10 Op een warme zomernacht ligt een hond in de tuin achter een muur (figuur 15a). Het enige licht komt van een straatlantaarn.

a Teken in figuur 15a de schaduw van de muur.

b Ligt de hond in de schaduw van de muur?

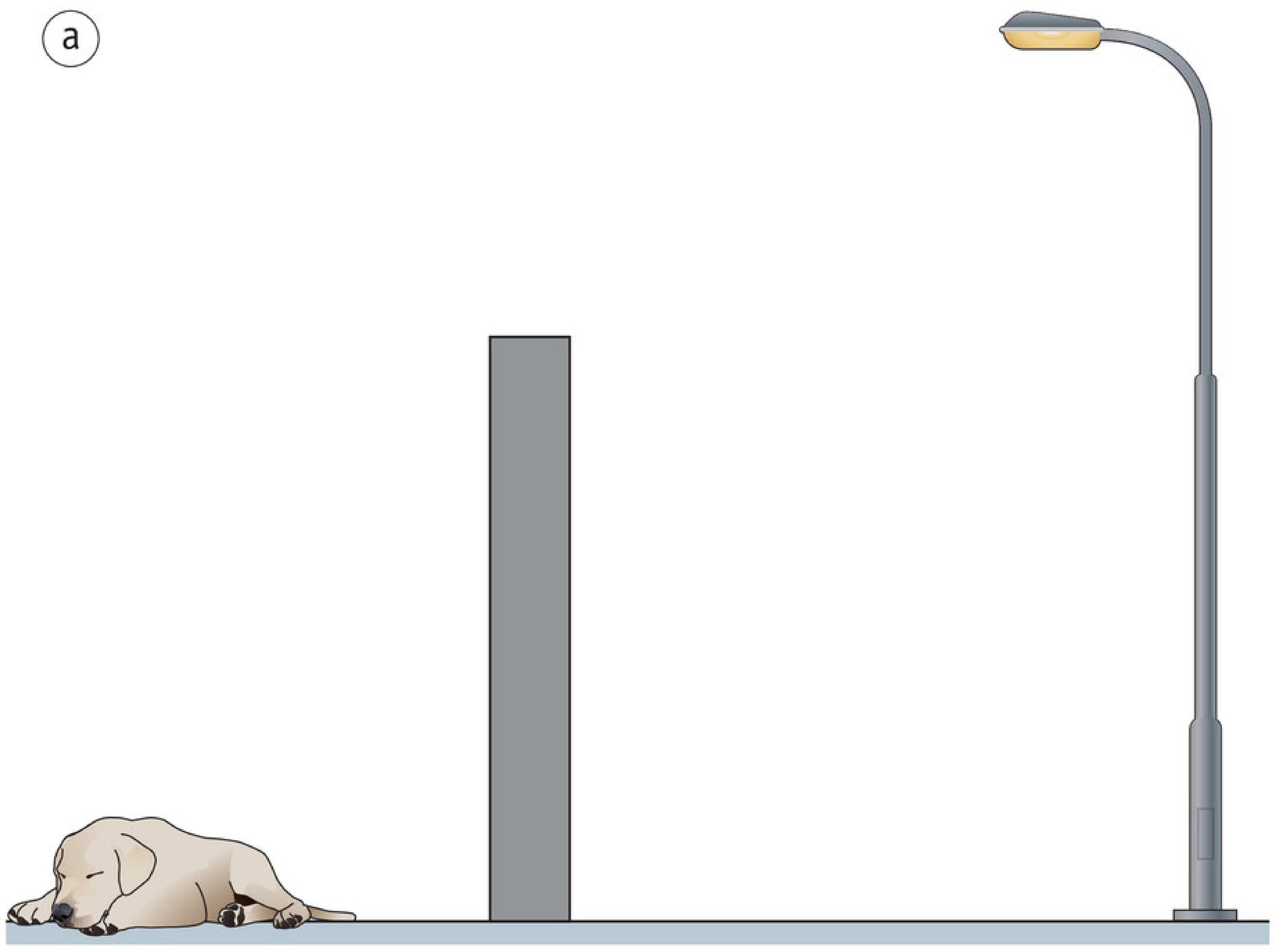
....

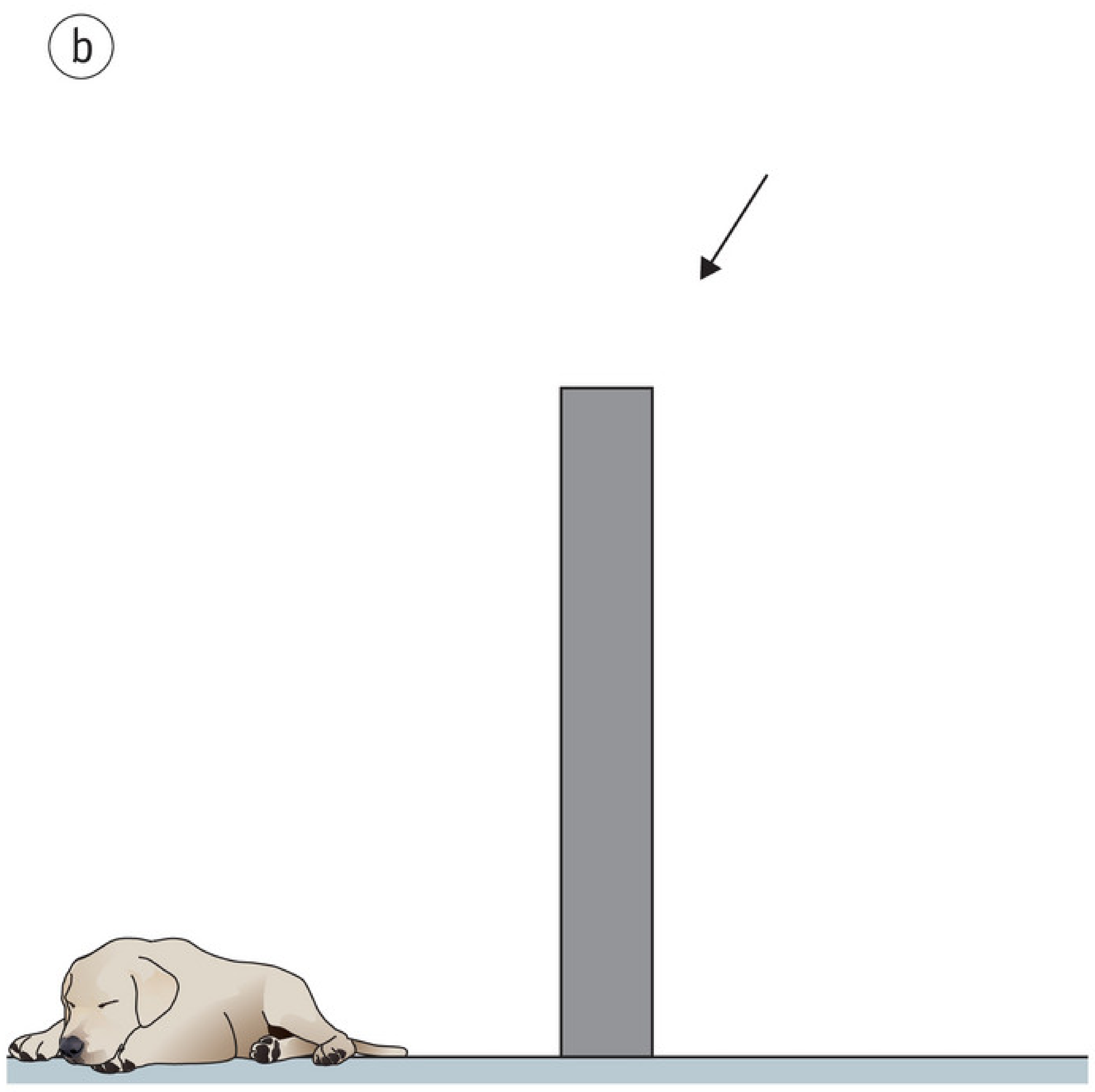
c De volgende dag ligt de hond weer op dezelfde plek in de tuin (figuur 15b). De zon schijnt. De tekenaar heeft één lichtstraal getekend om aan te geven uit welke richting het zonlicht komt.
Teken in figuur 15b de schaduw van de muur.
Let op, lichtstralen van de zon zijn evenwijdig aan elkaar.

d Ligt de hond nu in de schaduw?

....

figuur 15 Licht en schaduw.





11 Werkzaamheden aan het spoor worden vaak ’s nachts uitgevoerd, omdat er dan minder treinen rijden. Voor spoorwegwerkers brengt dat wel extra risico’s met zich mee. Ze moeten daarom speciale veiligheidskleding dragen (figuur 16).

a Waaraan kun je zien dat er een lamp op de spoorwerkers is gericht?

....

....

b Welke onderdeel van de veiligheidskleding reflecteert het meeste licht?

....

....

c De strepen op de hesjes zijn van retroreflecterend materiaal gemaakt. Dit materiaal heeft de bijzondere eigenschap dat het licht terugkaatst in de richting naar waar het vandaan komt.
Waarom vergroot dit de veiligheid voor de mensen die aan het spoor werken?

....

....

....

....



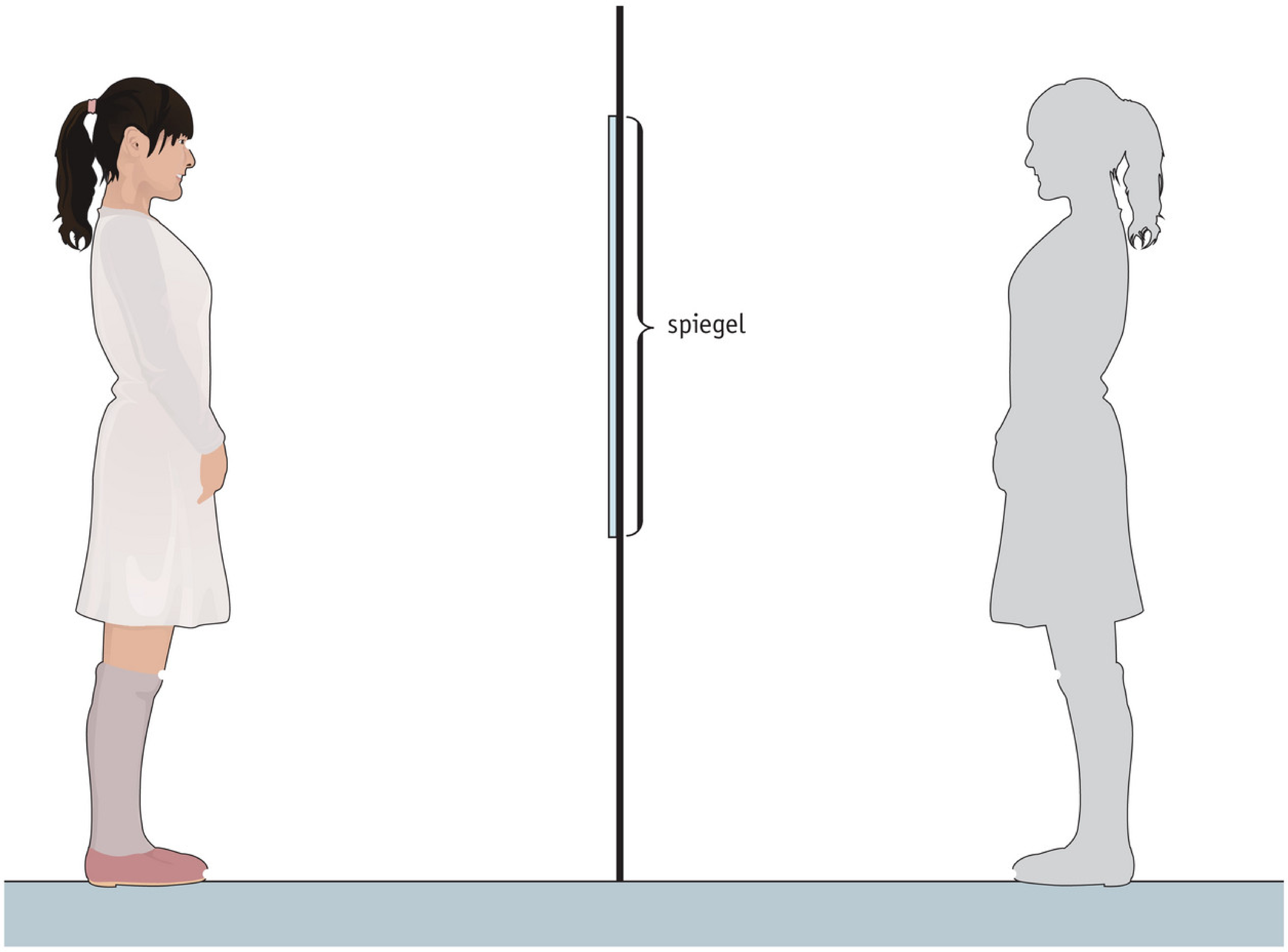
figuur 16 Bij het werken aan het spoor gelden strenge veiligheidsregels.

12 Patty heeft in haar kamer een passpiegel. Ze wil in de spiegel kunnen zien of haar nieuwe schoenen en kousen passen bij haar jurk (figuur 17).

a Zet L_1 bij de punt van Patty's schoen. Teken daarna het spiegelbeeld van L_1. Zet hier de letter B_1 bij.

b Zet L_2 bij Patty's knie. Teken daarna het spiegelbeeld van L_2. Zet hier de letter B_2 bij.

c Patty ziet haar schoen in de spiegel.
Teken de lichtbundel tussen L_1 en L_2 die via de spiegel in Patty's oog terechtkomt.
Tip: gebruik de beeldpunten B_1 en B_2 l.



figuur 17 Patty voor de spiegel.

13 Op een website wordt reclame gemaakt voor het Solatube verlichtingssysteem (figuur 18).

a Van welke lichtbron maakt het Solatube systeem gebruik?

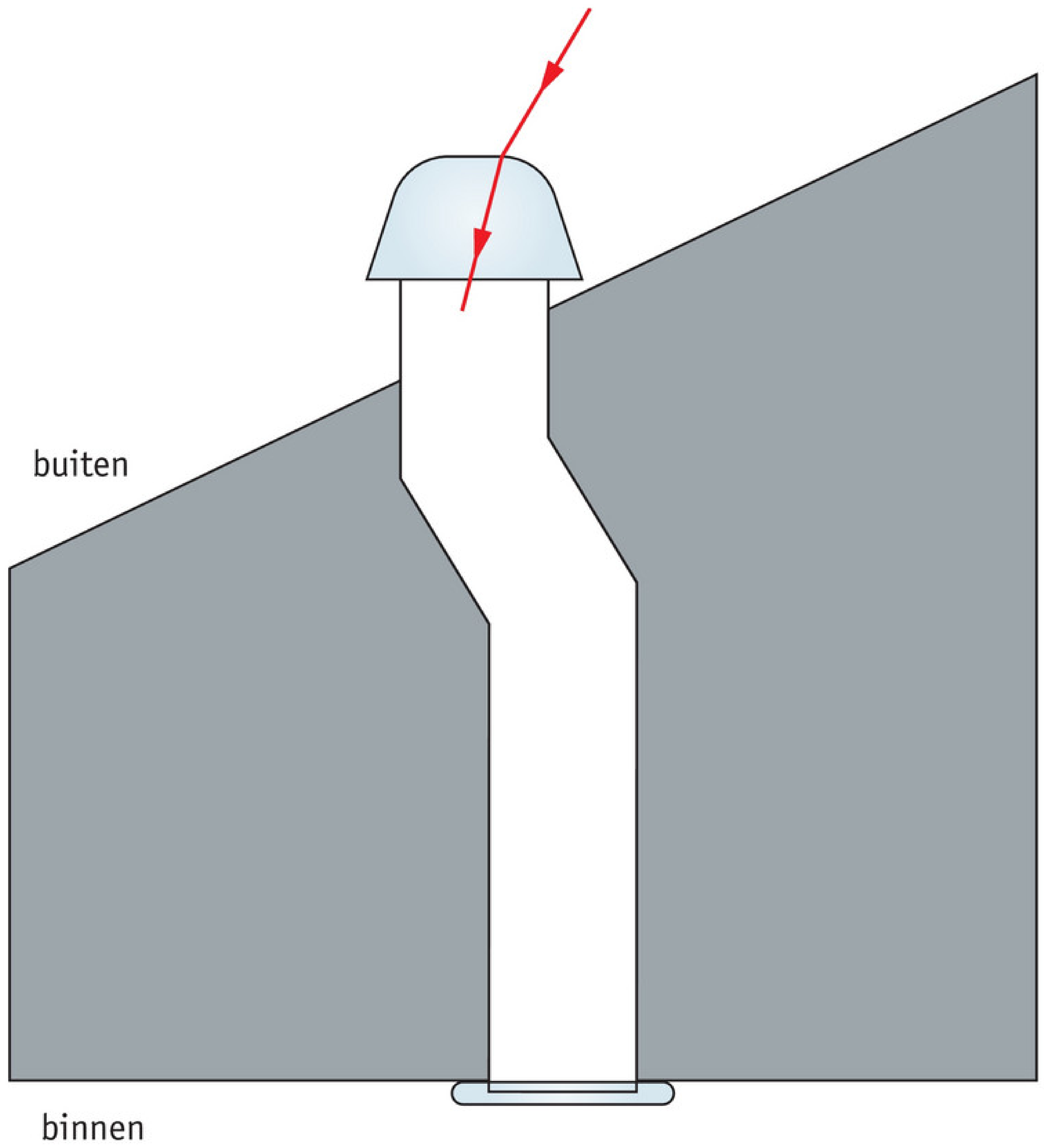
b Geef een voordeel van deze lichtbron.

c Geef een nadeel van deze lichtbron.

d In figuur 19 is één lichtstraal getekend die in de reflecterende buis valt.
Teken het verloop van de lichtstraal tot hij de reflecterende buis verlaat.



figuur 18 Dit systeem kan licht brengen in een donkere ruimte.

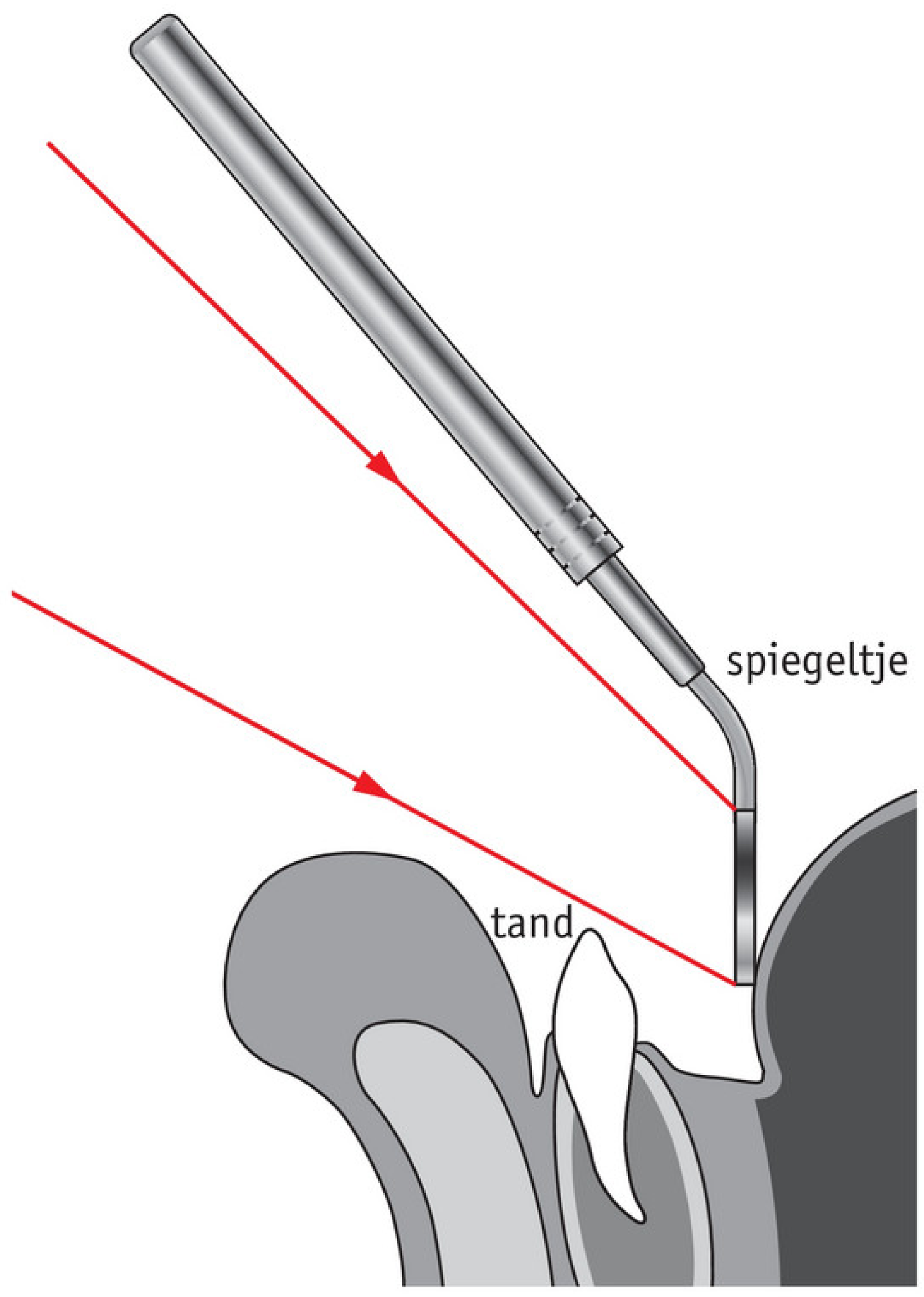


figuur 19 Reflectie in de buis.

14 Als een tandarts je gebit onderzoekt, richt hij een sterke lamp op je mond. Er valt dan wel veel licht op de voorkant van je tanden, maar niet op de achterkant. Daarom gebruikt de tandarts een spiegeltje om de achterkant van je tanden te belichten. In figuur 20 is getekend hoe het licht van de lamp op het spiegeltje valt.

a Teken de lichtbundel die door het spiegeltje wordt teruggekaatst.

b Kleur het deel van de tand dat via het spiegeltje wordt belicht.



figuur 20 De tandarts kijkt in je mond.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA HET GEZICHTSVELD VIA EEN SPIEGEL

15 Hoe heet het deel van de weg naast en achter de auto, dat de automobilist niet via zijn spiegels kan overzien?

- ○ A de dode hoek
- ○ B het gezichtsveld
- ○ C het spiegelbeeld

16 Beantwoord de volgende vragen.

a Wat wordt bedoeld met 'het gezichtsveld van een spiegel'?

....

....

b Noem twee situaties waarin automobilisten extra goed moeten kijken of er niet iemand of iets 'in de dode hoek zit'.

....

....

....

....

★ 17 Een vrachtwagenchauffeur wil afslaan naar rechts. Om het gebied naast de vrachtwagen te kunnen zien, kijkt de chauffeur eerst in de hoofdspiegel.

a Teken in figuur 21 het weggedeelte dat de chauffeur via de spiegel kan zien.

b Kan de chauffeur de fietser in zijn hoofdspiegel zien?

....

....

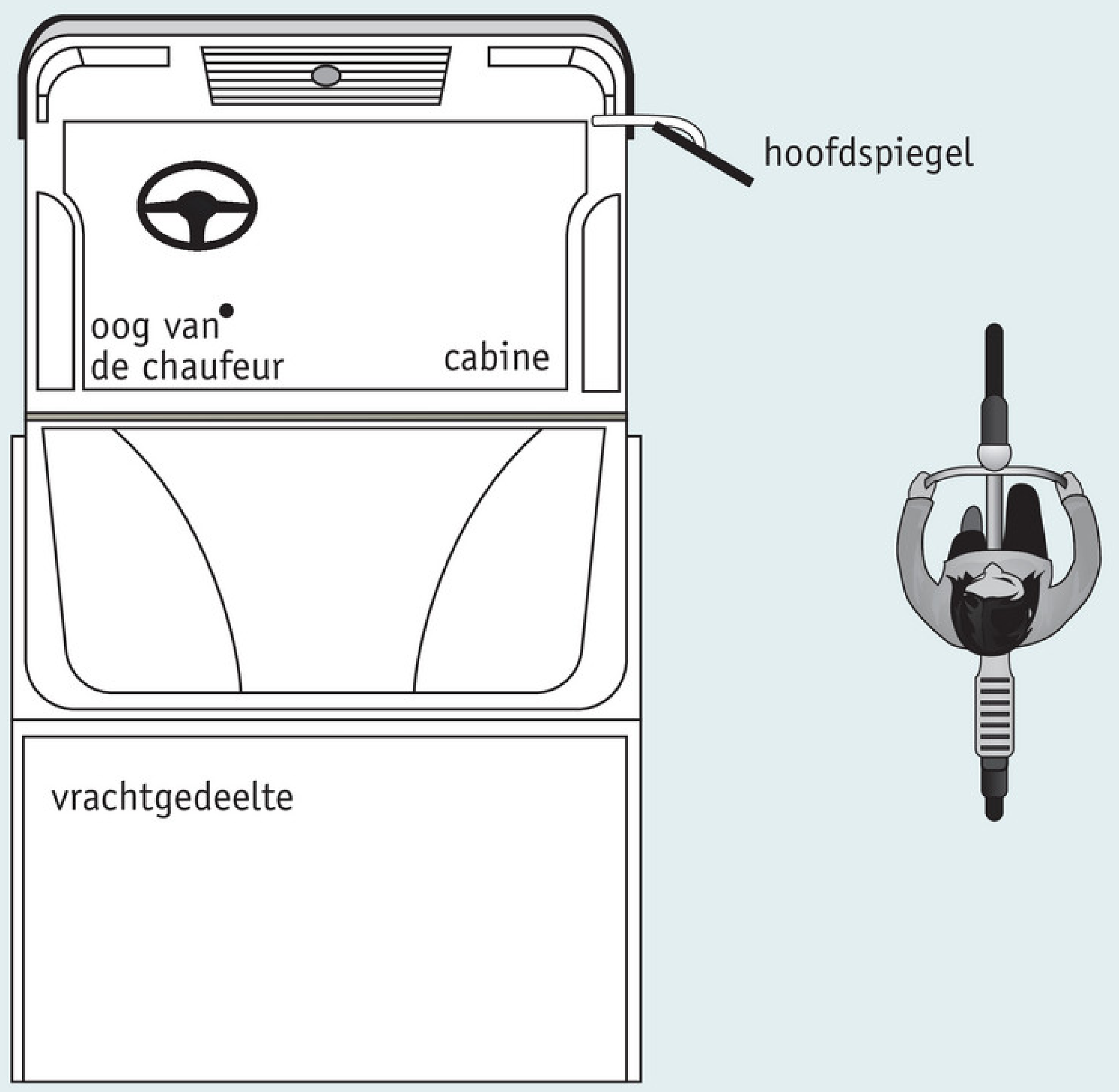
....

....

....

....

....



figuur 21 Oppassen voor de dode hoek.

2 Van infrarood tot ultraviolet

LEERDOELEN

5.2.1 Je kunt uitleggen hoe je de verschillende kleuren in zonlicht zichtbaar kunt maken.
5.2.2 Je kunt de kleuren in het spectrum van zonlicht in de juiste volgorde benoemen.
5.2.3 Je kunt behalve licht twee soorten straling noemen die door de zon worden uitgezonden.
5.2.4 Je kunt uitleggen op welke manier de kleuren van de voorwerpen om je heen ontstaan.
5.2.5 Je kunt drie kenmerkende effecten (uitwerkingen) van uv-straling beschrijven.
5.2.6 Je kunt drie toepassingen van uv-straling in het dagelijks leven beschrijven.
5.2.7 Je kunt drie toepassingen van ir-straling in het dagelijks leven beschrijven.
EXTRA 5.2.8 Je kunt de werking van de kleurfilters in toneellampen uitleggen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	5.2.1	5.2.2	5.2.3	5.2.4	5.2.5	5.2.6	5.2.7	5.2.8
Onthouden	1, 3, 6bc	6a	2		4, 6d, 11a	7a	7b, 12a	14a
Begrijpen				8, 10abc	5, 11b		12bc, 13ab	14b, 15abcd
Toepassen				10d	11de			
Analyseren				9	11c		13c	

Pim doet mee in een musical op school. Hij draagt een wit shirt met een blauwe tekst. Maar als het toneel blauw wordt verlicht, lijkt die tekst opeens verdwenen te zijn. Hoe kan dat?

HET SPECTRUM

Als je naar een regenboog kijkt, zie je een reeks kleuren. Het licht van de zon wordt gesplitst in rood, oranje, geel, groen, blauw en violet, een soort paars. Die reeks kleuren noem je het **spectrum** van zonlicht. De kleuren zelf heten **spectraalkleuren**. Je kunt spectraalkleuren niet verder splitsen: de spectraalkleur rood bijvoorbeeld bestaat alleen uit rood licht. Er zitten geen andere kleuren in.

In figuur 1 zie je hoe je zelf een spectrum kunt maken. Dat doe je met een **prisma**: een driehoekig stuk glas of doorzichtig kunststof. Het prisma splitst een bundel wit licht in de kleuren van de regenboog, van rood tot violet. Het omgekeerde kan ook. Als je de verschillende spectraalkleuren weer samenvoegt, krijg je wit licht. Wit licht is dus niet een aparte kleur, maar een mengsel van spectraalkleuren.



figuur 1 Zo maak je een spectrum.

De zon zendt behalve licht ook andere soorten straling uit. Deze liggen aan weerszijden van het zichtbare spectrum. Direct naast het violet vind je **ultraviolette straling** (uv-straling). Ultraviolet betekent 'voorbij het violet'. Direct naast het rood vind je **infrarode straling** (ir-straling). Infrarood betekent 'voor het rood'. Uv-straling en ir-straling lijken veel op licht, maar zijn onzichtbaar voor mensen.

KLEUR ZIEN

Als je het shirt in figuur 2 bij daglicht bekijkt, zie je het shirt als rood. Dat komt doordat het shirt vooral rood licht weerkaatst. Andere kleuren worden door het shirt geabsorbeerd. Als het weerkaatste rode licht in je ogen valt, zie je een rode kleur.



figuur 2 Een rood shirt in wit, rood, geel en blauw licht.

In werkelijkheid weerkaatst het rode shirt niet alleen rood, maar ook nog wat oranje en geel licht. Dat zie je als je het shirt bekijkt door een **spectroscoop**. In de spectroscoop zit een prisma dat het licht splitst in spectraalkleuren. Zo kun je aantonen dat het rood van het shirt een **mengkleur** is. Je ogen kunnen het verschil niet zien tussen de mengkleur rood en de spectraalkleur rood (zuiver rood licht).

Als je rood licht op het shirt laat vallen, ziet het shirt er nog steeds rood uit. Dat verandert als je zuiver blauw licht op het shirt laat vallen. Het blauwe licht wordt door het shirt geabsorbeerd. Het shirt zal dan nog maar weinig licht weerkaatsen. Omdat er bijna geen licht van het shirt afkomt, ziet het er zwart of donkergrijs uit.

ULTRAVIOLETTE STRALING

Uv-straling is een belangrijk onderdeel van zonlicht. In de zomer laat de uv-straling van de zon je huid verkleuren. Je wordt bruin als je verstandig zont, of rood als je een overdosis uv-straling oploopt. Er bestaan ook speciale uv-lampen. Deze lampen geven een beetje violet licht, maar zenden vooral veel uv-straling uit. Uv-lampen worden gebruikt in zonnebanken, in blacklights en in vliegenvangers.

Uv-straling kan sommige stoffen sterk laten oplichten. Je zegt van deze stoffen dat ze **fluoresceren**. Op bankbiljetten is op verschillende plekken fluorescerende inkt gebruikt. Onder een uv-lamp licht deze inkt duidelijk op (figuur 3). Een vervalsing waarvoor geen fluorescerende inkt is gebruikt, doet dat niet. Zo kun je echt van namaak onderscheiden.



figuur 3 Zo licht een biljet van vijftig euro op onder een uv-lamp.

Sommige dieren kunnen wel uv-straling waarnemen. Bijen bijvoorbeeld kunnen geen rood of oranje zien, maar wel uv-straling. Ze zien ultraviolette 'kleuren' die jij je niet kunt voorstellen. Bloemen die voor ons gelijkmatig wit of geel zijn, hebben in het ultraviolet bekeken een lichte buitenrand en een donker centrum (figuur 4). Bijen zien zo waar ze moeten zijn voor nectar en stuifmeel: in het centrum.



figuur 4 Een gewone dotterbloem, links in het ultraviolette licht, rechts in zichtbaar licht.

BESCHERMING TEGEN UV-STRALING

Uv-straling heeft de eigenschap dat ze stoffen kan afbreken. Laat maar eens een vel gekleurd papier in de zon liggen. De ultraviolette straling in het zonlicht sloopt de kleurstofmoleculen een voor een. Dat zie je aan de kleuren die langzamerhand verbleken (figuur 5). Infrarode straling en licht hebben dat effect niet; deze soorten straling zijn daarvoor niet krachtig genoeg.



figuur 5 Een proef met uv-straling: na twee weken in de zon is het papier zichtbaar verkleurd.

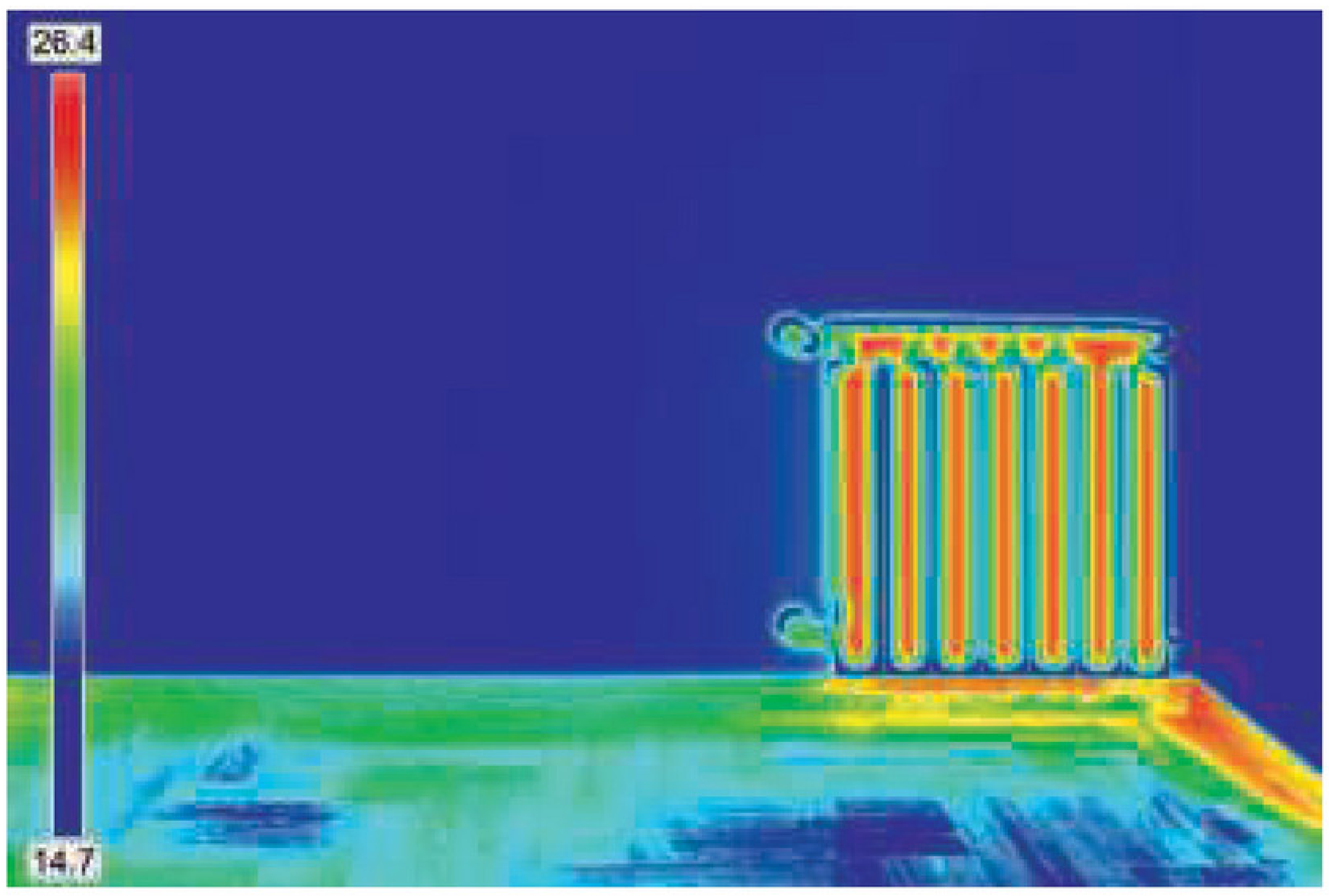
Uv-straling kan ook schade aanrichten aan stoffen in je huid. Moleculen die een belangrijke rol spelen bij de processen in je huidcellen kunnen daardoor kapotgaan. Het is daarom verstandig voorzichtig te zijn met zonnen. Zonnebrand (een verbrande huid) is niet alleen vervelend, maar vergroot ook de kans op huidkanker. Langdurig in de zon zitten is beslist niet gezond.

Zonnebrandcrème houdt een deel van de uv-straling tegen. Als je zo'n crème gebruikt, verbrand je minder snel. Op de verpakking van de crème staat de beschermingsfactor. Dat getal geeft aan hoeveel keer je langer in de zon kunt blijven. Met een crème met factor 10 kun je 10× zo lang in de zon blijven. Als je zonder crème vijf minuten kunt zonnen, wordt dat met de crème dus 10 × 5 = 50 minuten.

Straling die moleculen kapot kan maken, noem je **ioniserende straling**. Ultraviolette straling is zwak ioniserend: er is veel ultraviolette straling voor nodig om merkbaar schade aan te richten in je lichaam. Röntgenstraling is veel sterker ioniserend. Daardoor kan deze straling je gemakkelijk ziek maken als je er onvoorzichtig mee omgaat.

INFRARODE STRALING

Ir-straling wordt niet alleen uitgezonden door de zon. Alle voorwerpen om je heen zenden ir-straling uit. Hoe hoger de temperatuur van een voorwerp is, hoe meer ir-straling het voorwerp uitzendt. Deze ir-straling noem je ook wel warmtestraling. Je kunt de straling fotograferen met een speciale infraroodcamera. De foto die dan ontstaat, noem je een warmtebeeld of **thermogram** (figuur 6).



figuur 6 Een thermogram van een deel van een kamer.

Infraroodsensoren zijn gevoelig voor ir-straling. Deze sensoren kom je tegen in inbraakalarmen en automatische buitenlampen. Als je in de buurt van een ir-sensor komt, reageert de sensor op de ir-straling die jij uitzendt. Dan gaat het alarm af of de lamp aan.

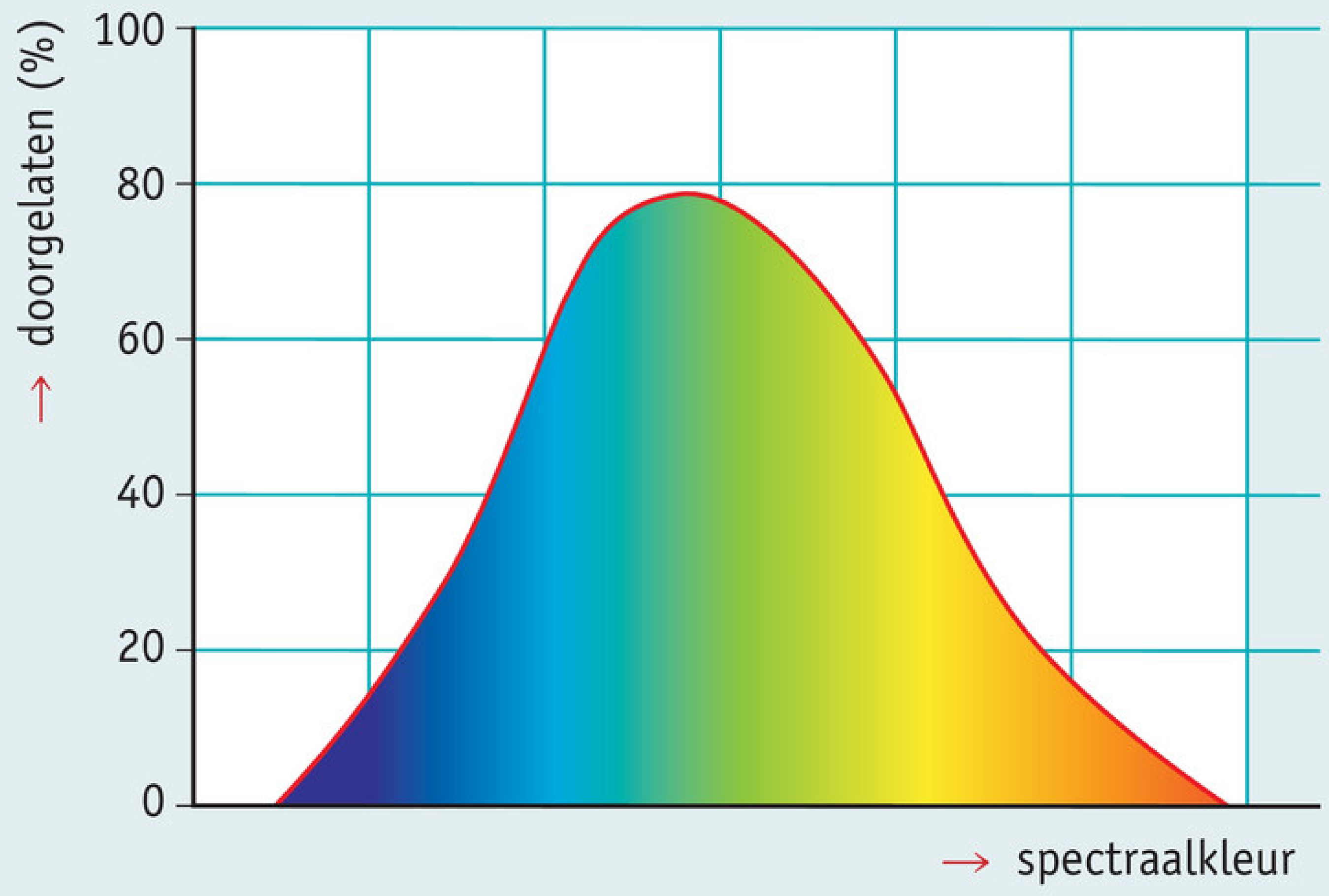
Een andere toepassing van ir-straling is de afstandsbediening van een auto. Een ir-led in de autosleutel zendt een signaal uit als je op een knopje drukt. Dit signaal wordt opgevangen door een ir-sensor in de auto.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA KLEURFILTERS

In theaters wordt veel gebruikgemaakt van gekleurd licht. De toneellampen die daarvoor worden gebruikt, geven gewoon ‘wit’ licht. Om het licht een bepaalde kleur te geven, wordt een kleurfilter gebruikt. Dit is gekleurd glas of een vel dun plastic dat voor de lamp wordt aangebracht. Dit filter laat sommige spectraalkleuren beter door dan andere. Het doorgelaten licht valt op het toneel en kleurt de mensen en dingen die daar staan.

In figuur 7 zie je hoe een blauw kleurenfilter de verschillende spectraalkleuren doorlaat. De hoeveelheid doorgelaten licht varieert van 0 tot 80%, afhankelijk van de kleur.



figuur 7 Doorlaatgrafiek van een blauw kleurenfilter.

Je ziet dat het blauwe filter niet alleen blauw doorlaat, maar ook violet, groen, geel en oranje. De kleur die je ziet, is een mengsel van deze spectraalkleuren. Dat is niets bijzonders; bijna alle kleuren in de wereld om je heen zijn mengkleuren.

LEERSTOF

1 Wit licht valt op een prisma. Het licht splitst daardoor in verschillende kleuren.
Hoe noem je deze kleuren?
- ○ A mengkleuren
- ○ B prismakleuren
- ○ C regenboogkleuren
- ○ D spectraalkleuren

2 Welke soort(en) straling kunnen mensen niet zien?
- ☐ A licht
- ☐ B ir-straling
- ☐ C uv-straling

3 Je bekijkt gekleurd licht door een spectroscoop.
Wat zie je dan?
- ○ A altijd maar één kleur uit het spectrum
- ○ B ir-straling en rood licht
- ○ C uv-straling en paars licht
- ○ D verschillende spectraalkleuren

4 Welke straling zorgt voor het verkleuren van je huid?

- ○ A alleen ir-straling
- ○ B alleen uv-straling
- ○ C ir-straling en uv-straling
- ○ D warmtestraling

5 Stoffen kunnen worden afgebroken door straling.
Waaruit blijkt dat?

- ○ A Gekleurd papier verbleekt door ir-straling.
- ○ B Gekleurd papier verbleekt door uv-straling.
- ○ C Wit papier wordt bruin door ir-straling.
- ○ D Wit papier wordt warm door uv-straling.

6 Vul in.

a In welke volgorde zie je de verschillende kleuren van het zonlicht in een regenboog?

rood ....

b De reeks kleuren noem je een ....

De kleuren zelf heten de ....

c Je kunt zelf een spectrum maken met een ....

Dat is een doorzichtig .... stuk glas of ....

d Als een stof sterk oplicht onder uv-straling, zeg je dat zo'n stof ....

7 Ultraviolette en infrarode straling hebben verschillende praktische toepassingen.

a Schrijf twee apparaten op waarin uv-straling wordt gebruikt.

....

....

b Schrijf twee apparaten op waarin ir-straling wordt gebruikt.

....

....

TOEPASSING

8 Johan draagt een witte trui, Peter een rode en Jasper een blauwe. Ze staan naast elkaar en worden gefotografeerd in verschillende kleuren licht.
Vul in tabel 1 in welke kleur de truien op de foto hebben in de verschillende kleuren licht.

tabel 1 Foto's in verschillende kleuren licht.

kleur licht	witte trui op de foto	rode trui op de foto	blauwe trui op de foto
wit			
rood			
groen			
blauw			

★ 9 Een getuige zag 's avonds een overval gebeuren op een kruispunt. Het kruispunt was verlicht met natriumlampen. Volgens de getuige had de dader een geel T-shirt aan met een zwarte of donkergrijze opdruk. Natriumlampen geven zuiver geel licht.
Welke van de volgende beweringen zijn waar?

☐ A Het T-shirt had inderdaad geel kunnen zijn, maar de opdruk blauw.
☐ B Het T-shirt had inderdaad geel kunnen zijn, maar de opdruk wit.
☐ C Het T-shirt had ook wit kunnen zijn, en de opdruk blauw.
☐ D Het T-shirt had ook wit kunnen zijn, en de opdruk geel.
☐ E Het T-shirt had ook wit kunnen zijn, en de opdruk zwart.

10 In een schoolboek zijn de Engelse woorden die je moet leren rood afgedrukt. In het boek zit een roodfilter. Je moet dit filter gebruiken bij het leren.

a Als je het witte papier door het roodfilter bekijkt, is de kleur ....

b Als je de rode letters in het boek door het roodfilter bekijkt, zijn ze ....

c Als je zwarte letters in het boek door een roodfilter bekijkt, zijn ze ....

d Leg uit of je de rode letters kunt zien als je door het rode filter kijkt.

....

....

....

11 Het KNMI heeft in samenwerking met KWF Kankerbestrijding een tabel opgesteld met daarin de zonkracht (tabel 2). In de tabel lees je af hoelang je onbeschermd in de zon kunt zitten zonder dat je huid rood kleurt.

a Welke straling zorgt ervoor dat je huid rood kleurt?
- ○ A ir-straling
- ○ B uv-straling
- ○ C zichtbaar licht

b Op 15 april 2020 was de zonkracht 5 bij zonnig weer en 2 bij bewolkt weer. Hoelang kon je die dag bij zonnig weer buiten blijven zonder rood te kleuren?

....

c Geef een reden waarom een periode voor roodkleuring wordt aangegeven en niet een precieze tijd.

....

....

....

d De zonkracht was bij bewolkt weer kleiner dan bij zonnig weer (2 in plaats van 5). Leg uit hoe het komt dat bij bewolkt weer de zonkracht lager is dan bij onbewolkt weer.

....

....

e Een boomkweker is op 15 april acht uur lang buiten in de zon aan het werk geweest. Hij heeft op zijn huid een zonnebrandcrème met beschermingsfactor 20 gesmeerd. Laat met een berekening zien of de boomkweker de hele dag beschermd is geweest tegen de zon.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

tabel 2 Zonkrachtschaal van het KNMI en KWF Kankerbestrijding.

zonkracht	omschrijving	roodkleuring onbeschermde huid
1 – 2	vrijwel geen	na 100 – 50 minuten
3 – 4	zwak	na 35 – 25 minuten
5 – 6	matig	na 25 – 15 minuten
7 – 9	sterk	na 15 – 10 minuten
9 en hoger	zeer sterk	minder dan 10 minuten

bron: knmi.nl

Werken als agrarisch ondernemer beroep



Geert (34) heeft na het vmbo (k) de opleiding vakbekwaam medewerker veehouderij gedaan (mbo niveau 3). Daarna heeft hij voor verschillende bedrijven gewerkt en extra cursussen gevolgd. Twee jaar geleden kon hij zijn vader opvolgen op de boerderij. Nu is hij zelfstandig agrarisch ondernemer, al noemt hij zichzelf liever gewoon boer. Geert en zijn vrouw Iris houden schapen. Ze hebben ook een bed and breakfast en een boerderijwinkel, die vooral door Iris worden gerund. “Het is voor ons allebei hard werken,” zeggen ze, “maar we zouden niet anders willen.”

12 Lees de tekst ‘Werken als agrarisch ondernemer’.
Overdag is het warm genoeg, maar ’s avonds legt agrarisch ondernemer Geert de pasgeboren dieren onder een warmtelamp om ze warm te houden.

a Welk soort straling zendt een warmtelamp vooral uit?
- ○ A ir-straling
- ○ B uv-straling
- ○ C zichtbaar licht

b Een warmtelamp zendt daarnaast een klein beetje licht uit.
Welke kleur zal dit licht hebben?
- ○ A geel
- ○ B groen
- ○ C oranje
- ○ D rood

c Leg uit of je bruin wordt als je je huid lang onder een warmtelamp houdt.

....

....

....

13 In figuur 8 zie je een thermogram van de hand van een roker.

a Waaraan kun je zien dat niet alle vingers even warm zijn?

....

....

....

b Welke vingers zijn het koudst?

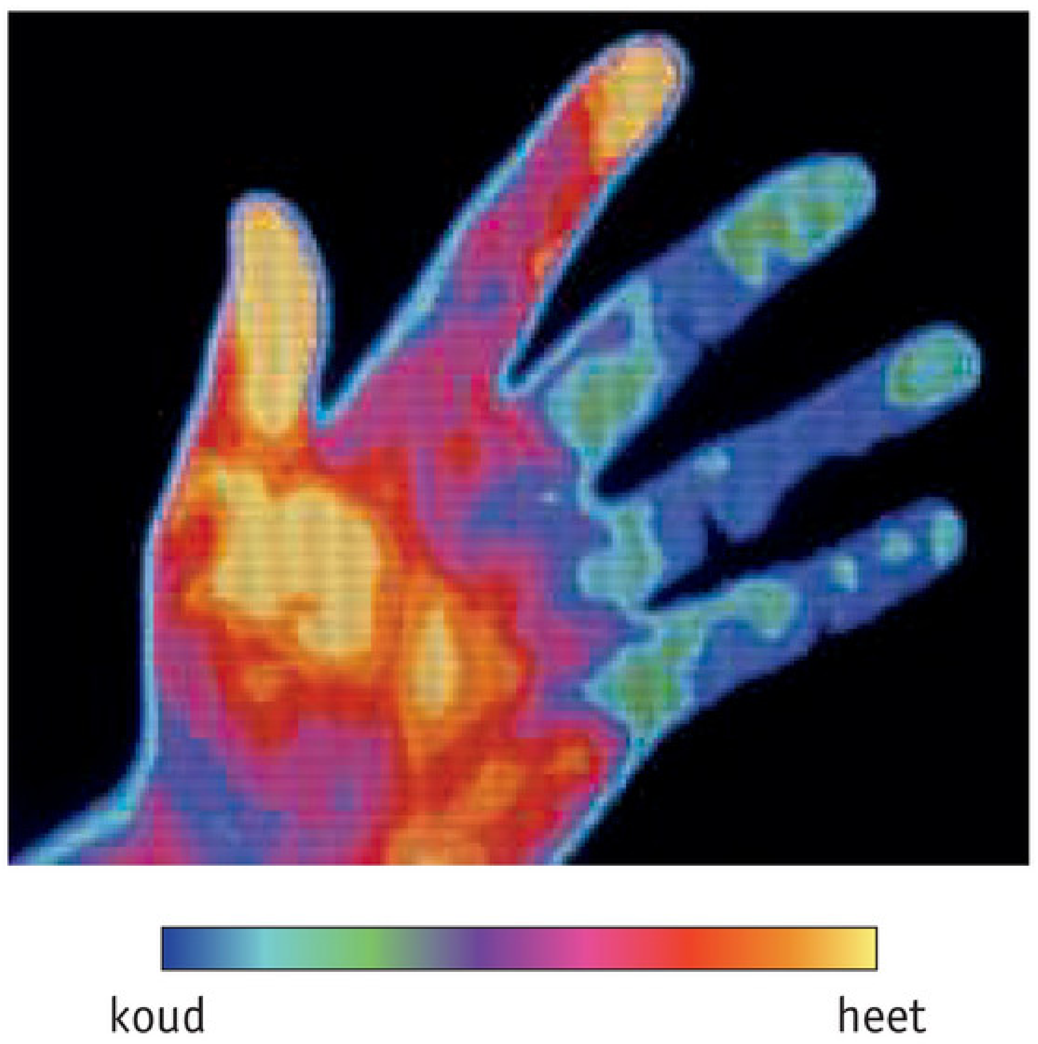
....

c In ziekenhuizen worden thermogrammen gebruikt bij onderzoek naar doorbloeding van lichaamsdelen.
Hoe kun je op een thermogram zien dat er te weinig bloed door een lichaamsdeel stroomt?

....

....

....



figuur 8 Een thermogram van de hand van een roker. Wat valt je op?

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA KLEURFILTERS

14 Voor een toneelvoorstelling is een toneellamp nodig die rood licht geeft.

a Welke kleur licht geeft de halogeenlamp die in een toneellamp zit?

....

....

b Een lichttechnicus zoekt een geschikt kleurfilter.
Streep door wat fout is.
Het kleurfilter moet de spectraalkleur:
- rood zoveel mogelijk *doorlaten / absorberen*.
- blauw zoveel mogelijk *doorlaten / absorberen*.
- groen zoveel mogelijk *doorlaten / absorberen*.

15 In figuur 9 zie je vier doorlaatgrafieken van kleurfilters.

a Welke twee filters laten veel verschillende spectraalkleuren door?
filter *a / b / c / d*

b Waaraan zie je dat?

....

....

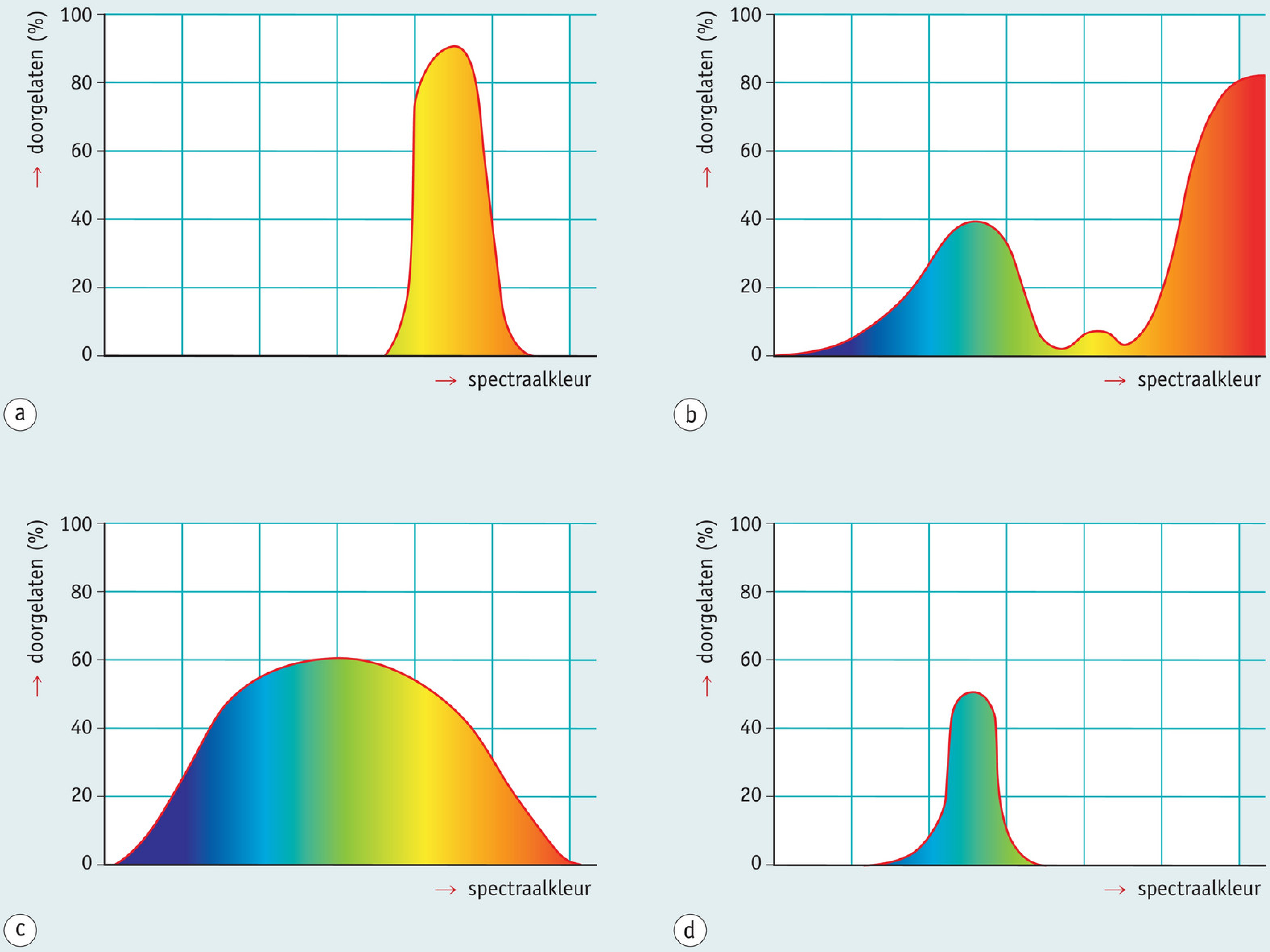
....

c Welke twee filters laten vooral één spectraalkleur door?
filter *a / b / c / d*

d Welke kleuren licht krijg je met de twee filters van opdracht c?

....

....



figuur 9 Vier doorlaatgrafieken.

3 Beelden maken met een lens

LEERDOELEN

5.3.1 Je kunt het verschil beschrijven tussen positieve lenzen en negatieve lenzen.
5.3.2 Je kunt uitleggen hoe een positieve lens een evenwijdige bundel zonlicht breekt.
5.3.3 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met ‘brandpunt’ en ‘brandpuntsafstand’.
5.3.4 Je kunt uitleggen hoe een negatieve lens een evenwijdige bundel zonlicht breekt.
5.3.5 Je kunt het verschil uitleggen tussen een reëel beeld en een virtueel beeld.
5.3.6 Je kunt het beeld construeren dat een positieve lens van een voorwerp vormt.
5.3.7 Je kunt de voorwerpsafstand en de beeldafstand opmeten in een tekening.
EXTRA 5.3.8 Je kunt uitleggen wanneer een fresnellens beter werkt dan een gewone lens.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	5.3.1	5.3.2	5.3.3	5.3.4	5.3.5	5.3.6	5.3.7	5.3.8
Onthouden	1, 5a, 7a, 8a	5b	2, 5d	5c	3	4, 6ab	6cde	14abc
Begrijpen	9ab	7ef	7cd	8c		10ab, 12b, 13bd	11bc, 12c	15ab
Toepassen		7b		8b		10c, 12a		15de
Analyseren						11a, 13ac		15c

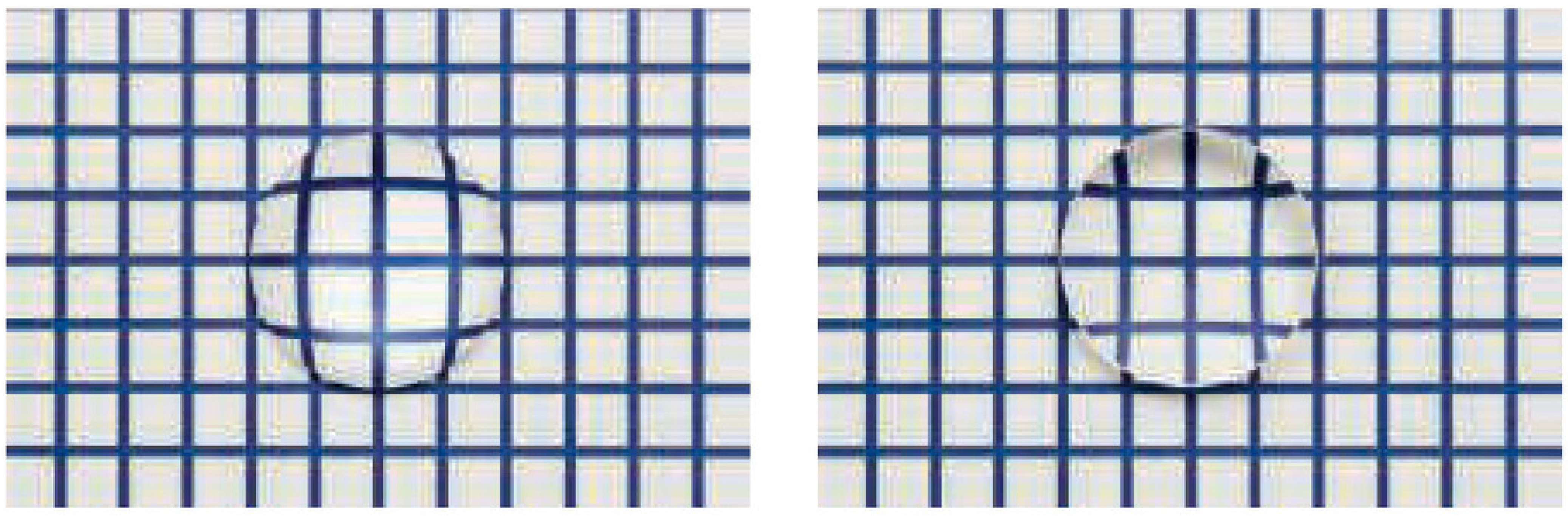
Met lenzen kun je beelden maken en met sommige lenzen kun je ook een brandje aansteken. Wat voor eigenschappen zou zo’n lens moeten hebben?

LENZEN

Een **lens** is een schijfje van glas of doorzichtig kunststof. Je vindt ze in allerlei apparaten, zoals telefoons, tablets, fototoestellen, filmcamera’s, verrekijkers en beamers. Een lens is ontworpen om licht op een bepaalde manier van richting te doen veranderen. Je noemt dat: het **licht breken**.

Er zijn **positieve lenzen** en **negatieve lenzen**. Positieve lenzen zijn in het midden dikker dan aan de rand. Je noemt ze daarom ook wel bolle lenzen. Negatieve lenzen zijn in het midden dunner dan aan de rand. Daarom noem je ze ook wel holle lenzen. Positieve lenzen kun je als vergrootglas gebruiken, terwijl negatieve lenzen juist een verkleind beeld laten zien (figuur 1).

figuur 1 Een positieve lens (links) en een negatieve lens (rechts).



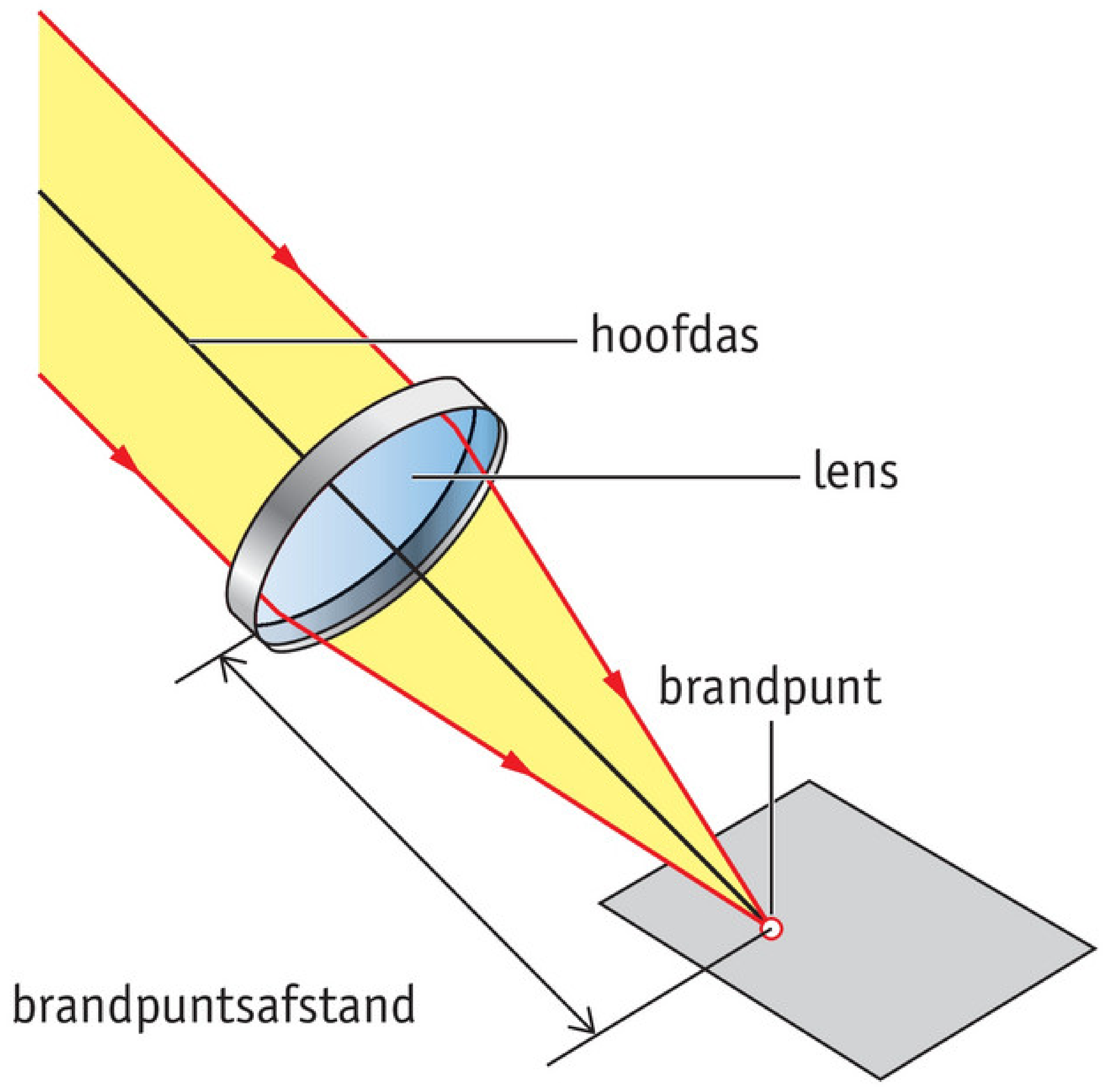
positieve lens — negatieve lens

LICHTBREKING BIJ POSITIEVE LENZEN

PROEF 1+2

Met een positieve lens kun je een **evenwijdige lichtbundel** zonlicht in één punt concentreren. Je gebruikt zo'n lens dan als **brandglas**. In figuur 2 zie je hoe dat gaat. Voordat de lichtstralen op de lens vallen, lopen ze evenwijdig aan de **hoofdas**: de lijn die je door het midden van de lens ziet lopen. Na de lens bewegen de lichtstralen naar elkaar toe. Er is een **convergente lichtbundel** ontstaan.

Het punt waar de lichtstralen bij elkaar komen, heet het **brandpunt**. Als je daar een vel papier neerlegt, kan dit zo heet worden dat er brand ontstaat. In tekeningen zet je bij het brandpunt de letter F (van focus = brandpunt). De afstand tussen het midden van de lens en het brandpunt noem je de **brandpuntsafstand**, afgekort als *f*.

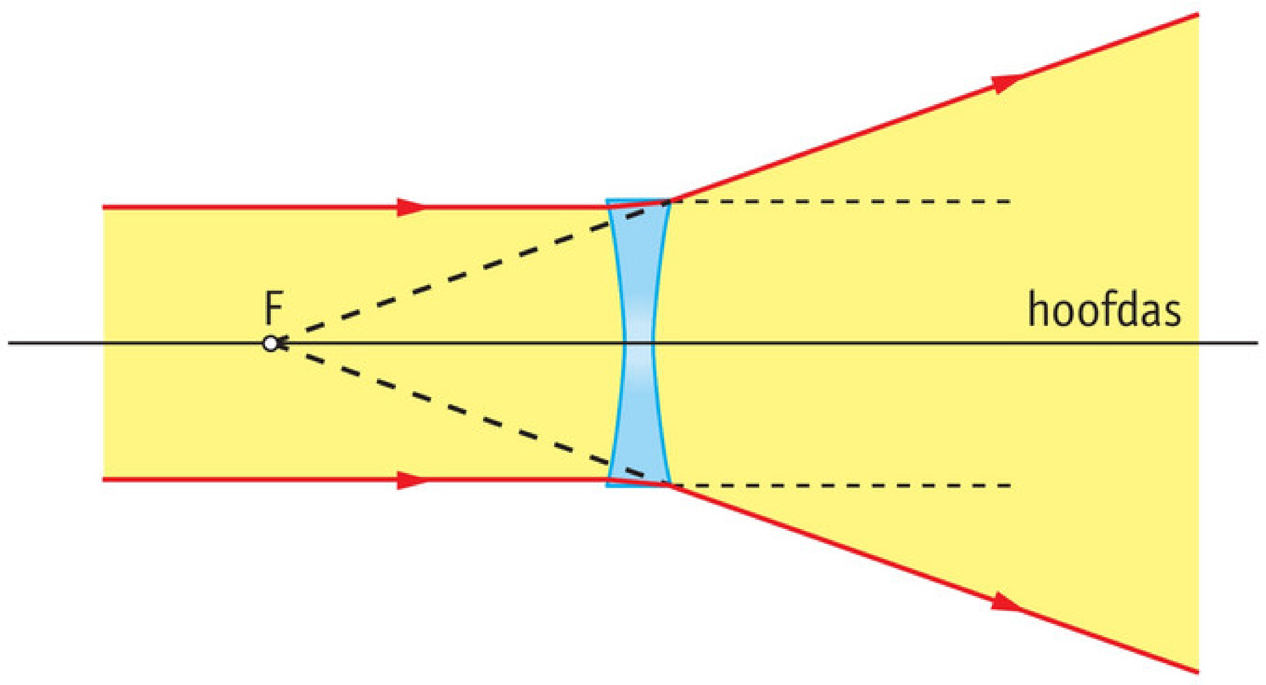


figuur 2 Zo breekt een positieve lens evenwijdig licht.

LICHTBREKING BIJ NEGATIEVE LENZEN

In figuur 3 is getekend hoe een negatieve lens een evenwijdige lichtbundel breekt. Na de lens bewegen de lichtstralen bij elkaar vandaan. Dat betekent dat het licht steeds zwakker wordt. Er is een **divergente lichtbundel** ontstaan.

Een negatieve lens heeft geen brandpunt waar de stralen bij elkaar komen. Er is wel een punt vóór de lens waar de lichtstralen vandaan lijken te komen. Dit punt noem je ook het brandpunt. De brandpuntsafstand is in dit geval een negatief getal. Het minteken geeft aan dat het brandpunt vóór de lens ligt en niet erachter, zoals bij een positieve lens.



figuur 3 Zo breekt een negatieve lens evenwijdig licht.

EEN BEELD OP EEN SCHERM VORMEN

Met een positieve lens kun je een voorwerp op een scherm afbeelden. Dat doe je bijvoorbeeld als je een foto maakt. Een lens beeldt de wereld voor de lens verkleind af op een lichtgevoelige chip. Een computer in de camera legt het beeld punt voor punt vast in een bestand. Het bestand wordt daarna opgeslagen op een geheugenkaart.

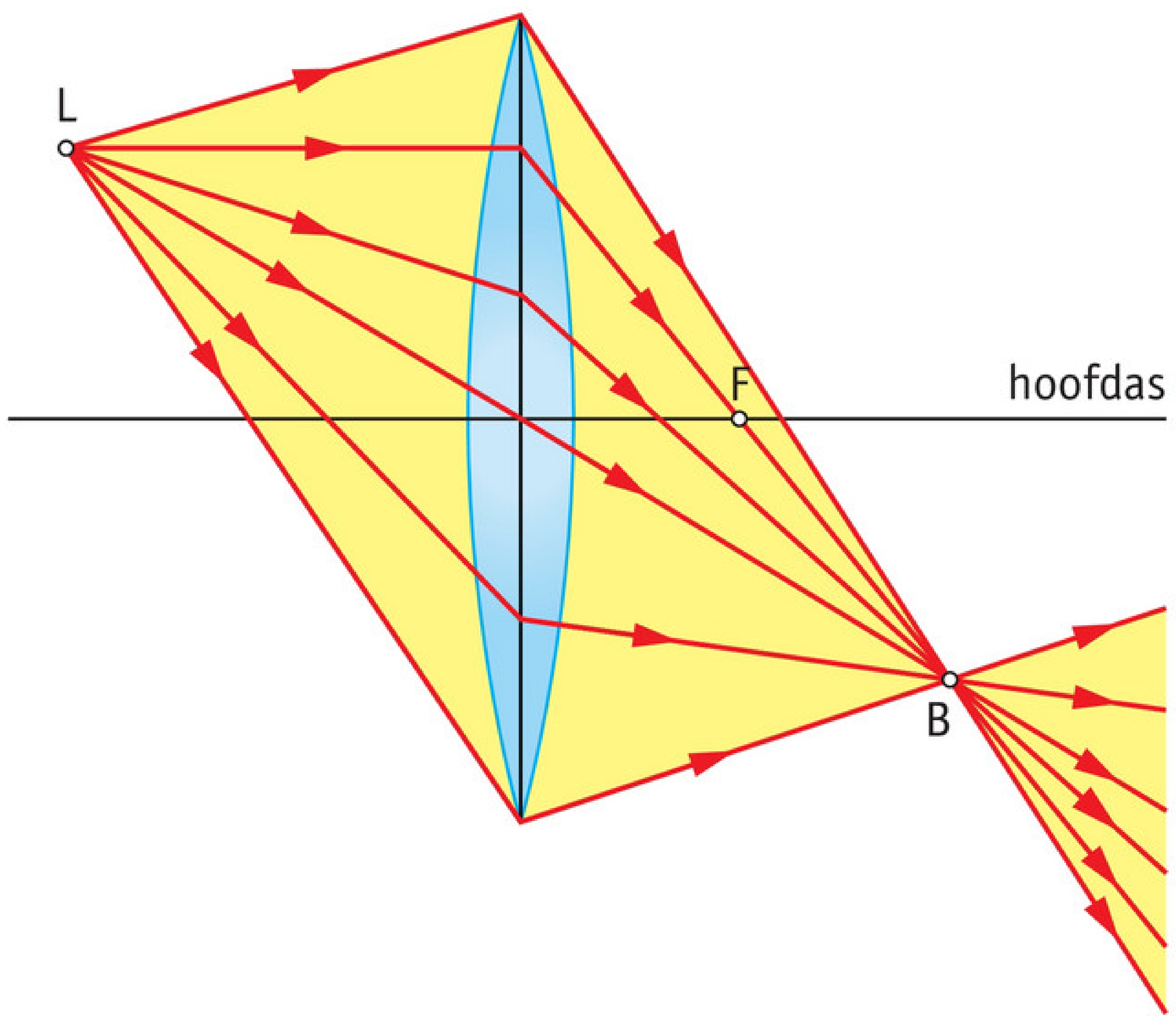
Een beamer werkt op dezelfde manier. Een lens beeldt een voorwerp voor de lens af op een scherm dat achter de lens staat. Bij een veelgebruikt type beamer is dat voorwerp een klein lcd-beeldscherm dat is aangesloten op een computer. Dit lcd-scherm wordt door de lens sterk vergroot afgebeeld op een scherm aan de muur.

Bij camera's en beamers wordt het beeld gevormd door lichtstralen die op een scherm vallen. Zo'n beeld noem je een **reëel beeld**. Het beeld in een spiegel is een virtueel beeld, het is niet echt. Een virtueel beeld kun je niet zichtbaar maken op een scherm, een reëel beeld wel.

EEN REËEL BEELD CONSTRUEREN

PROEF 3

In figuur 4 zie je een lampje L dat licht uitzendt in alle richtingen. De lichtstralen bewegen dus steeds verder uit elkaar. Met een positieve lens kun je de lichtstralen weer bij elkaar brengen in één punt. Dit punt noem je het **beeldpunt** van L. Als je op de juiste afstand van de lens een scherm neerzet, zie je daarop een scherp beeld van het lampje.



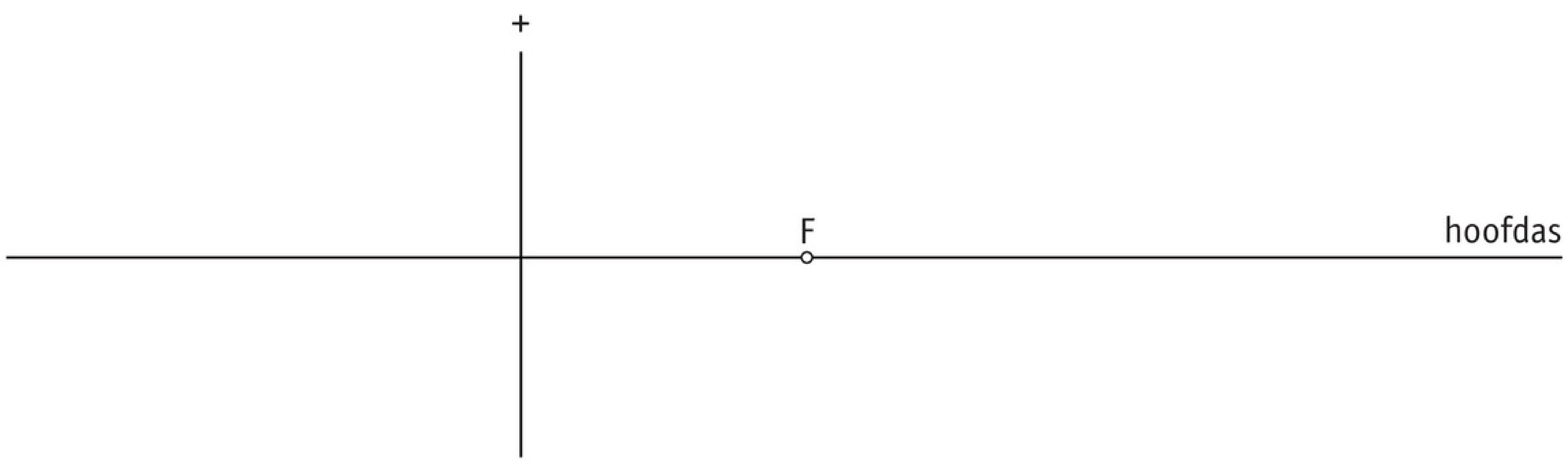
figuur 4 Zo ontstaat het beeld van het lampje.

Je kunt de plaats van het beeld bepalen door proeven te doen. Maar je kunt het beeld ook vinden door een tekening te maken. Dat kan omdat je van twee soorten lichtstralen weet, hoe ze na de lens verder lopen.

- Lichtstralen die op het midden van de lens vallen, bewegen langs een rechte lijn verder.
- Lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas lopen, gaan na de lens door het brandpunt.

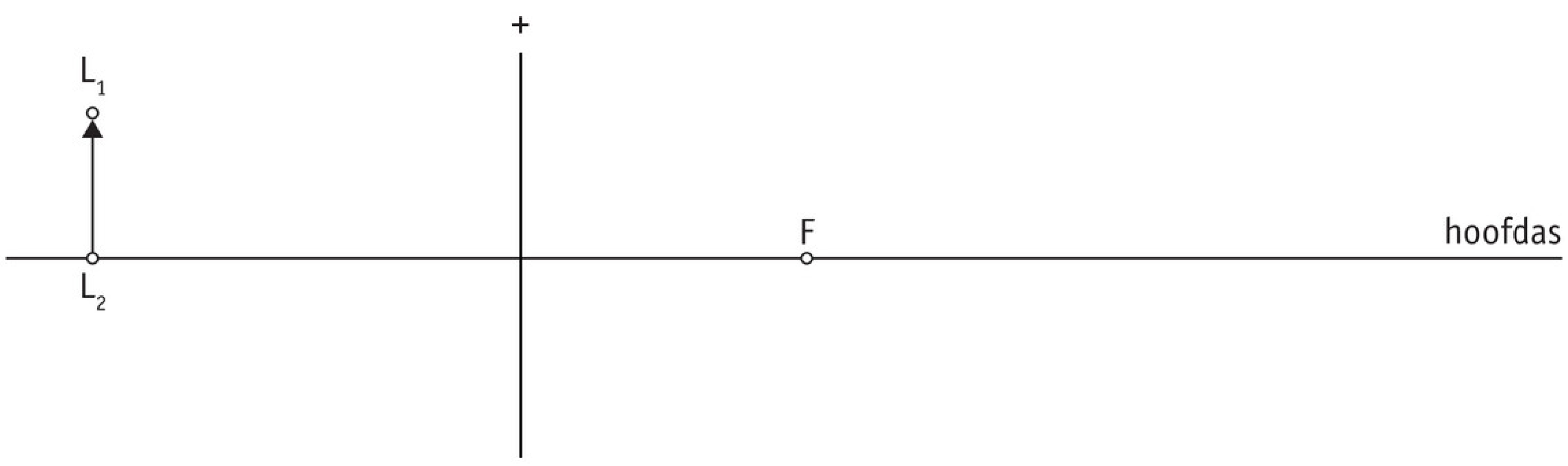
Deze twee regels kun je gebruiken om het beeld van een voorwerp met een tekening te bepalen, oftewel te **construeren**. De twee lichtstralen die je daarbij gebruikt, noem je **constructiestralen**.

1 Teken de lens, de hoofdas en het brandpunt F op schaal (figuur 5).
Teken de lens als een verticaal lijntje, met een plus erboven.



figuur 5 Een reëel beeld construeren: stap 1.

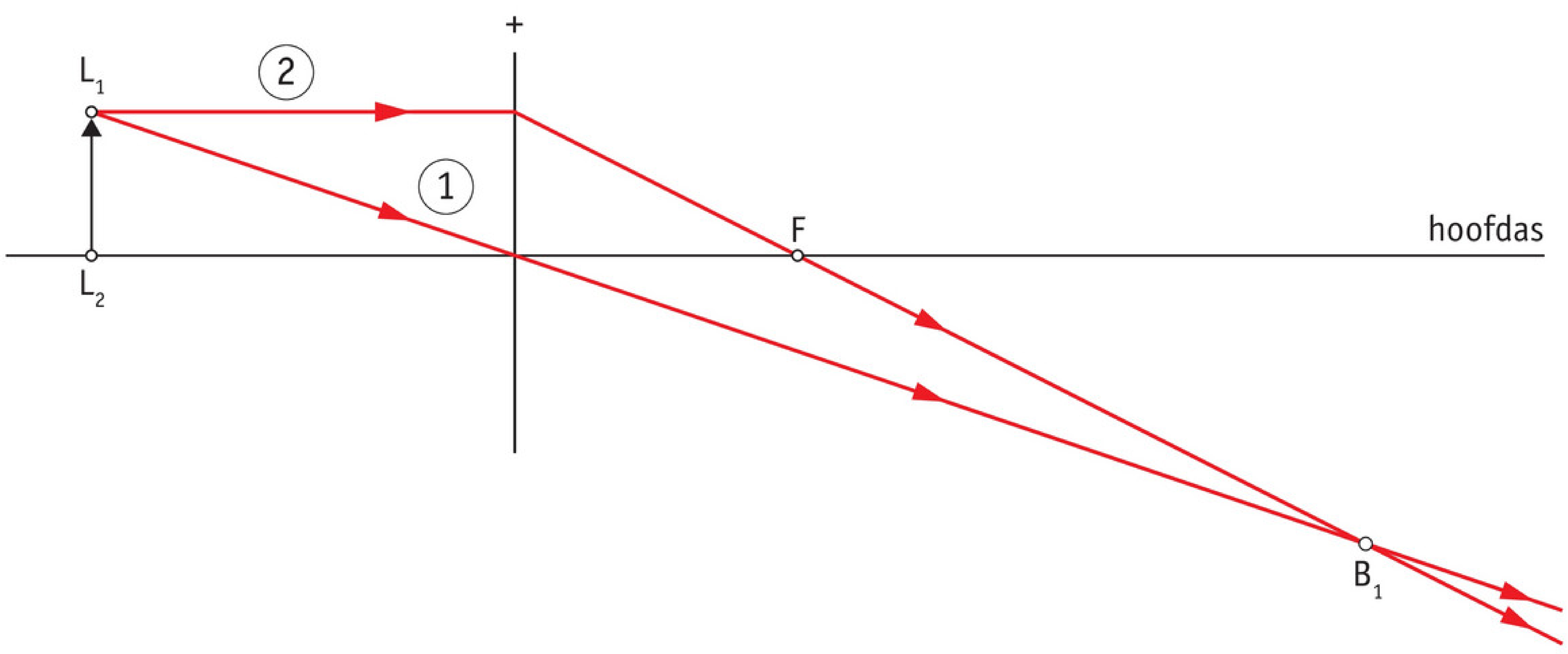
2 Teken het voorwerp als een pijl L_1L_2 (figuur 6).
L_2 ligt op de hoofdas, L_1 daarboven.



figuur 6 Een reëel beeld construeren: stap 2.

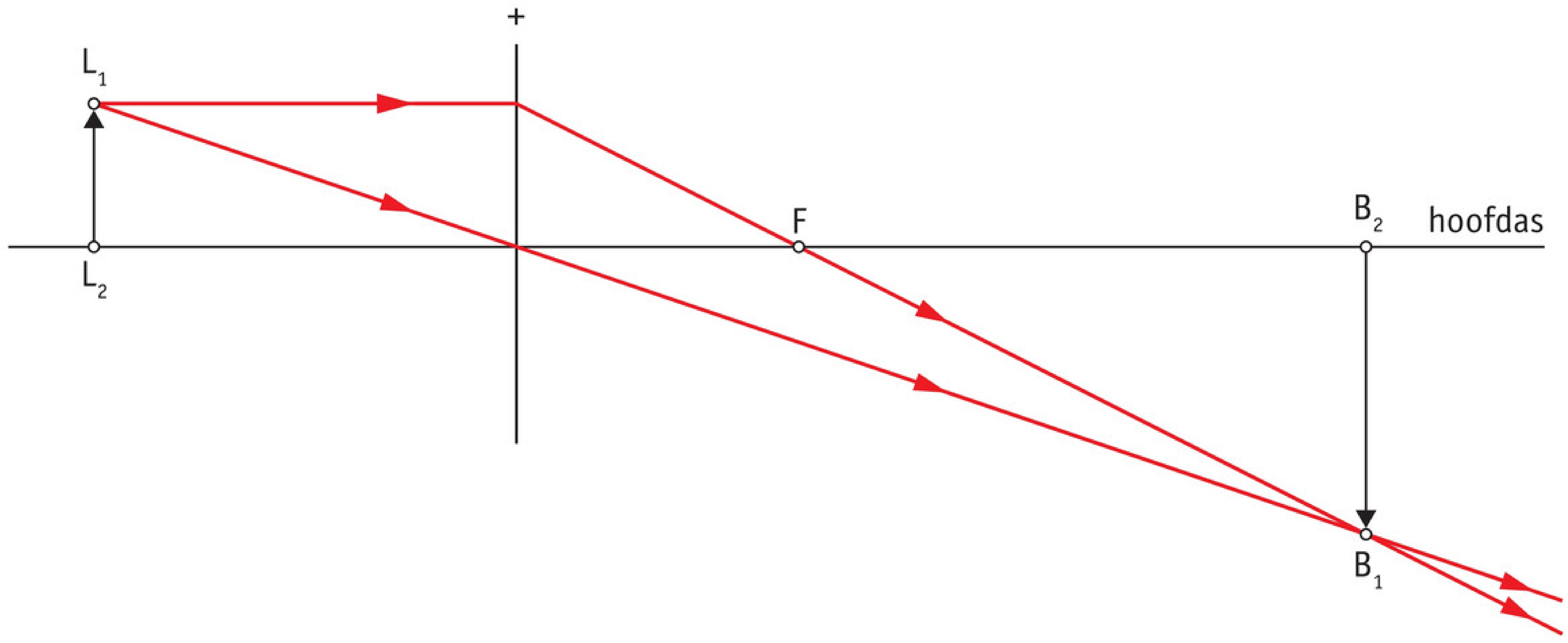
3 Teken twee lichtstralen vanuit L_1 (figuur 7).
- Lichtstraal 1 gaat door het midden van de lens en verandert daarbij niet van richting.
- Lichtstraal 2 loopt vóór de lens evenwijdig aan de hoofdas en gaat na de lens door F.

Het beeldpunt B_1 bevindt zich waar deze twee constructiestralen weer samenkomen.



figuur 7 Een reëel beeld construeren: stap 3.

4 Teken het beeld als een pijl B_1B_2 (figuur 8).
B_2 ligt op de hoofdas, B_1 daaronder. Het beeld staat dus (vergeleken met het voorwerp) ondersteboven.



figuur 8 Een reëel beeld construeren: stap 4.

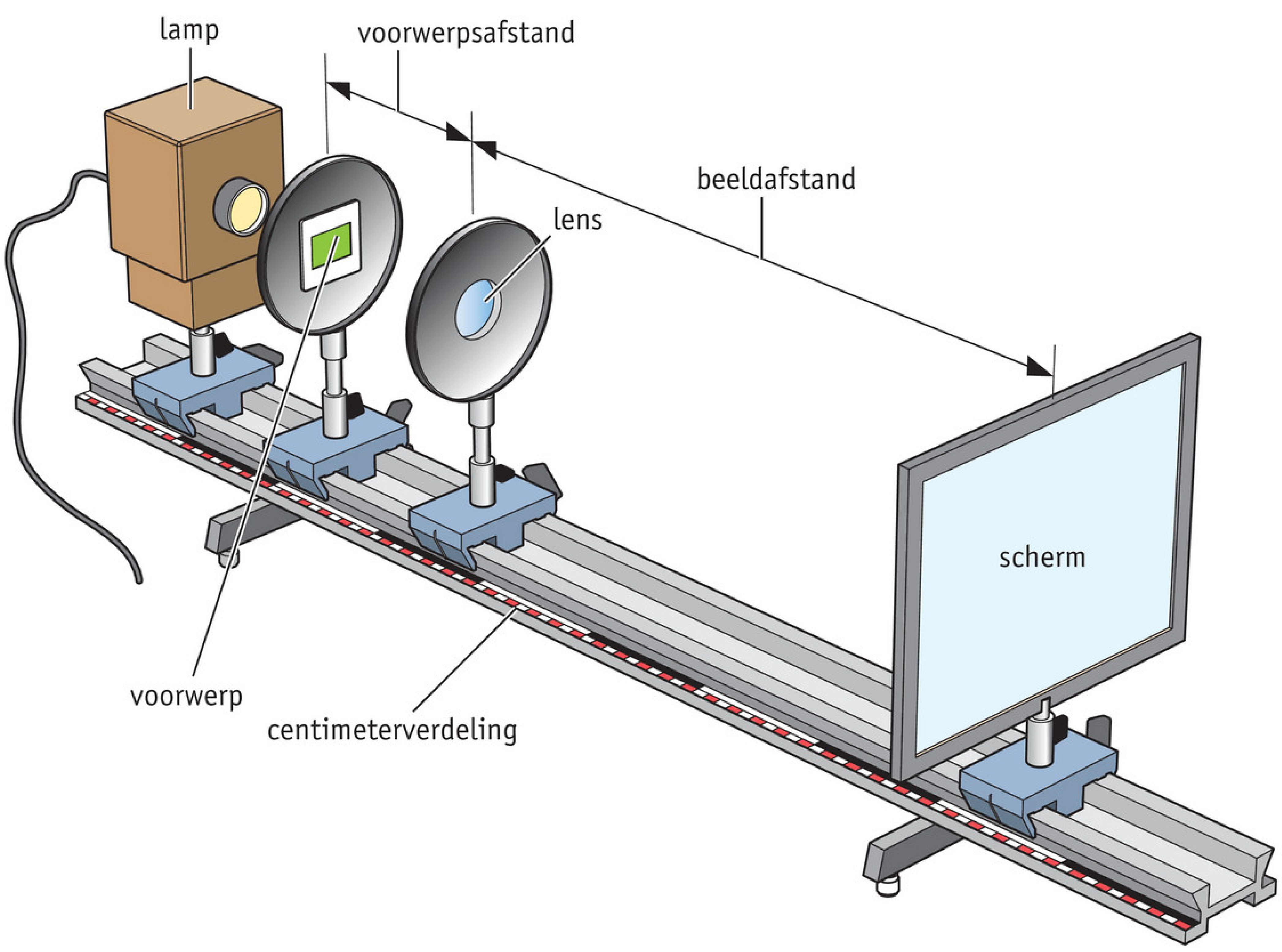
De lens is vaak kleiner dan het voorwerp. Je mag de lens in zo'n geval groter tekenen dan hij in werkelijkheid is. Voor de plaats en grootte van het beeld maakt dat niet uit.

SCHERPSTELLEN

PROEF 4

Om een goede foto met een camera te maken, moet je ervoor zorgen dat er een scherp beeld op de lichtgevoelige chip valt. Dat heet scherpstellen. Moderne camera's doen dat automatisch. Bij sommige camera's kun je die automatische scherpstelling uitzetten, zodat je met de hand kunt scherpstellen. Voor bijzondere foto's, zoals sportfoto's of nachtfoto's, is dat soms handig.

Met een optische bank kun je onderzoeken hoe dat scherpstellen in zijn werk gaat. In figuur 9 is een optische bank getekend. Op de rail zijn houders bevestigd met een lamp, een dia, een lens en een scherm. De dia (het voorwerp) wordt door de lens op het scherm afgebeeld.



figuur 9 Een optische bank.

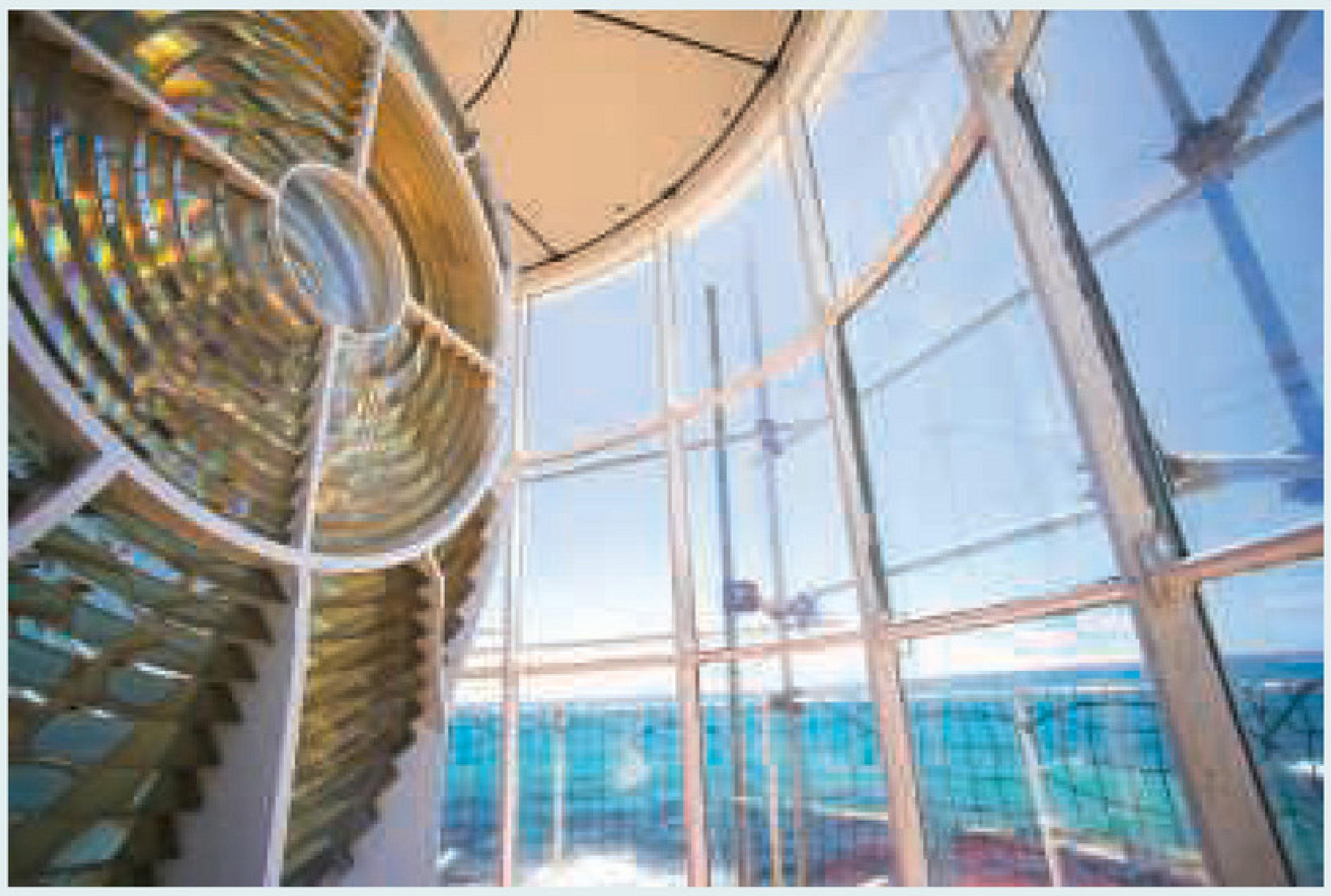
De afstand tussen het voorwerp en de lens noem je de **voorwerpsafstand.** De afstand tussen de lens en het scherpe beeld noem je de **beeldafstand**. In figuur 9 is aangegeven hoe je deze afstanden kunt meten.

Als je de voorwerpsafstand verandert, dan verandert de beeldafstand ook. Bij het scherpstellen verschuif je de lens, totdat er een scherp beeld op het scherm is te zien. Soms kun je ook het scherm verplaatsen. Als het scherm niet op de goede plaats staat, is het beeld onscherp of wazig. Het beeld is dan niet opgebouwd uit beeldpunten, maar uit overlappende ‘beeldvlekjes’.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA FRESNELLENZEN

In een vuurtoren wordt een grote positieve lens gebruikt om het licht van een sterke lamp te bundelen. Zo’n lens moet flink bol zijn, omdat hij het licht sterk moet breken. Hij wordt daarom niet uit één stuk glas geslepen, want dan zou hij veel te zwaar worden. In plaats daarvan wordt een lens gebruikt die is opgebouwd uit ringen van glas. Elke ring is een stukje van een positieve lens (figuur 10).



figuur 10 Een fresnellens in een vuurtoren.

Zo’n uit ringen opgebouwde lens noem je een fresnellens. Hij is veel lichter en dus goedkoper dan een even sterke, gewone lens. Je komt fresnellenzen ook tegen in achterlichten van auto’s en als condensorlenzen in beamers. Zo’n condensorlens bundelt het licht van de lamp in de beamer. Dat zorgt ervoor dat het lcd-schermpje (het voorwerp) gelijkmatig wordt belicht.

LEERSTOF

1 Welke bewering over een positieve lens is juist?

- ○ A Een positieve lens is aan de rand dikker dan in het midden.
- ○ B Een positieve lens is aan de rand dunner dan in het midden.
- ○ C Een positieve lens is aan de rand even dik als in het midden.

2 Wat is de brandpuntsafstand van een lens?

- ○ A de afstand van de achterkant van de lens tot het brandpunt
- ○ B de afstand van de rand van de lens tot het brandpunt
- ○ C de afstand van de voorkant van de lens tot het brandpunt
- ○ D de afstand van het midden van de lens tot het brandpunt

3 Een reëel beeld kun je *wel* / *niet* zichtbaar maken op een scherm.

4 Met een positieve lens kun je een beeld maken van een voorwerp.
Hoeveel constructiestralen heb je ten minste nodig om een beeldpunt te bepalen?

○ A 1
○ B 2
○ C 3
○ D 4

5 Vul in.

a Een negatieve lens is in het midden .... dan aan de randen.

b Bij een .... lichtbundel bewegen de lichtstralen naar één punt toe.

c Bij een .... lichtbundel bewegen de lichtstralen steeds verder uit elkaar.

d Als evenwijdig licht op een positieve lens valt, komt het na de lens samen in één punt.

Dit punt heet het .... In tekeningen wordt bij dit punt de

letter .... gezet.

6 Een positieve lens kan een beeld vormen van een voorwerp. In een tekening kun je laten zien hoe zo'n beeld wordt gevormd.

a Bij het tekenen maak je gebruik van twee speciale lichtstralen.
Hoe lopen deze twee lichtstralen voor en na de lens?

- Eén straal ....

....

....

- De andere straal ....

....

....

b In welk punt komen de twee constructiestralen na de lens weer samen?

....

c De afstand tussen het voorwerp en de lens noem je de ....

d De afstand tussen het beeld en de lens noem je de ....

e Als het scherm niet op de goede plaats staat, is het beeld ....

Dit kun je verhelpen door het .... of de .... te verschuiven.

TOEPASSING

7 In figuur 11 zijn twee verschillende lenzen in doorsnede getekend.

a Leg uit of dit negatieve of positieve lenzen zijn.

....

....

b Teken bij beide lenzen hoe de twee lichtstralen verder gaan na de lens en na het brandpunt.

c Hoe groot is de brandpuntsafstand van lens a? .... cm

d Hoe groot is de brandpuntsafstand van lens b? .... cm

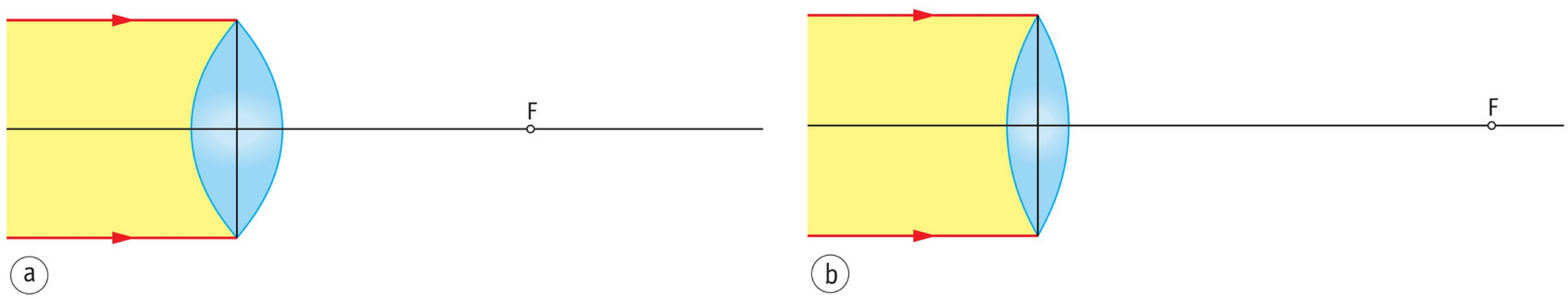
e Welke lens breekt de lichtstraal het sterkst?

○ A lens a

○ B lens b

f De lichtbundels na de lenzen zijn *convergente* / *divergente* lichtbundels.

figuur 11 Twee verschillende lenzen.



8 In figuur 12 zie je hoe een evenwijdige bundel op een lens valt.

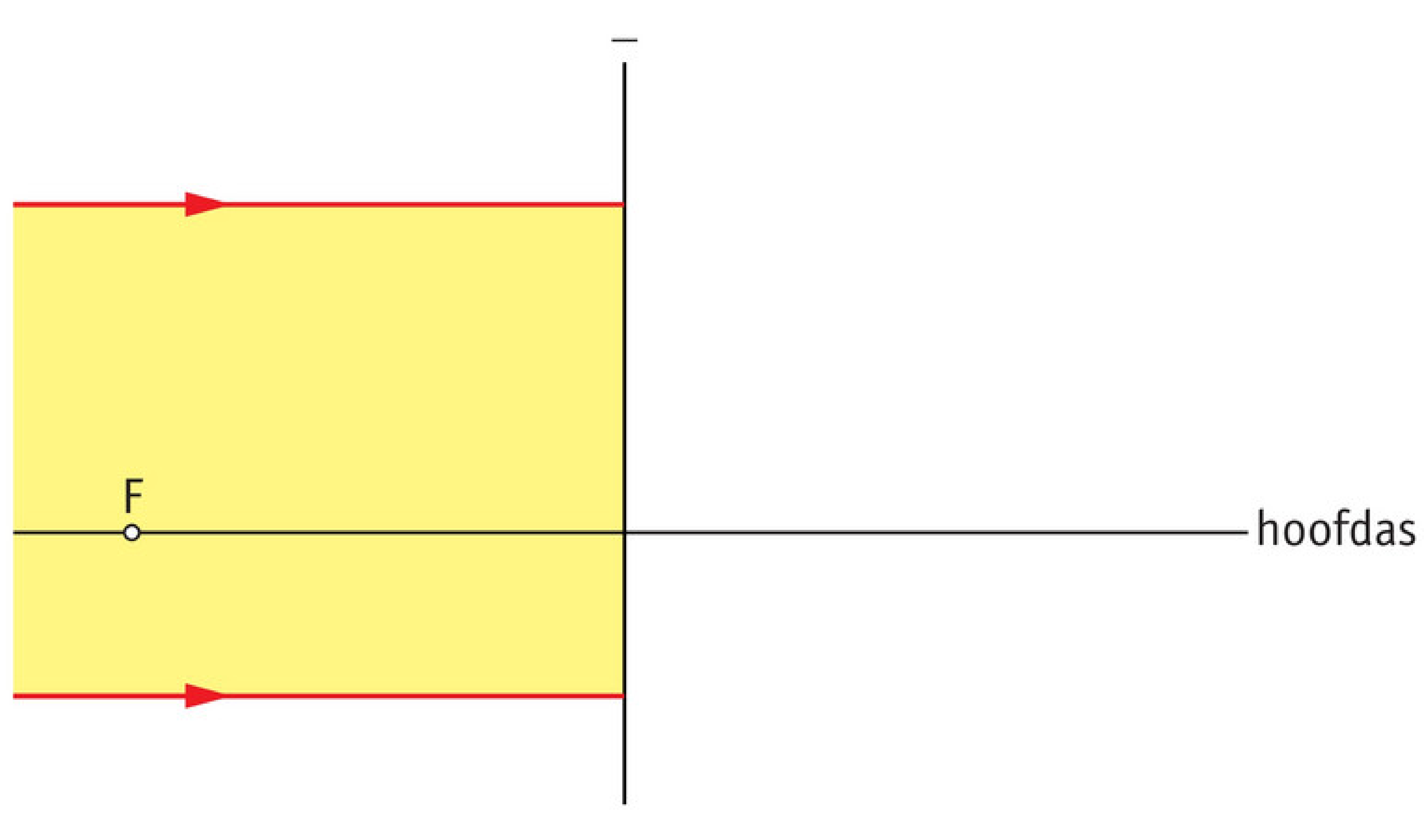
a Waaraan zie je dat het om een negatieve lens gaat?

....

....

b Teken in figuur 12 hoe de negatieve lens de lichtbundel breekt.

c De lichtbundel na de lens is een *convergente* / *divergente* lichtbundel.

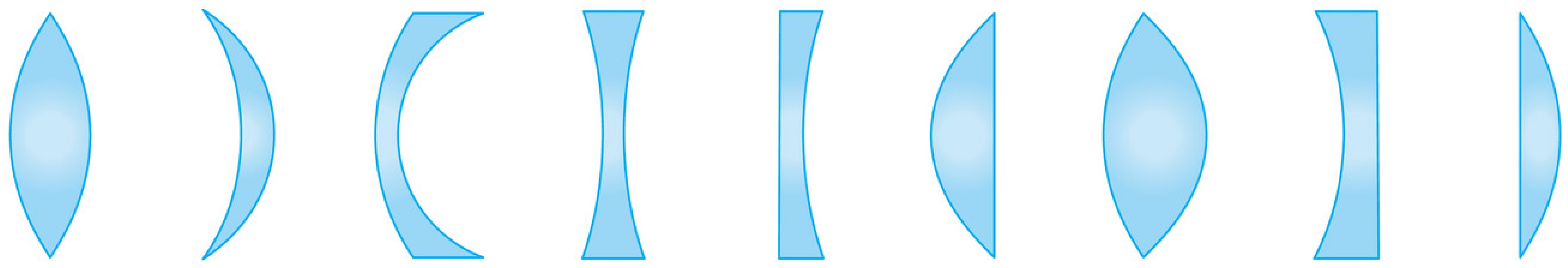


figuur 12 Hoe breekt een negatieve lens een evenwijdige lichtbundel?

9 In figuur 13 zijn negen lenzen in doorsnede getekend.

a Zet een plusteken boven de positieve lenzen.

b Zet een minteken boven de negatieve lenzen.



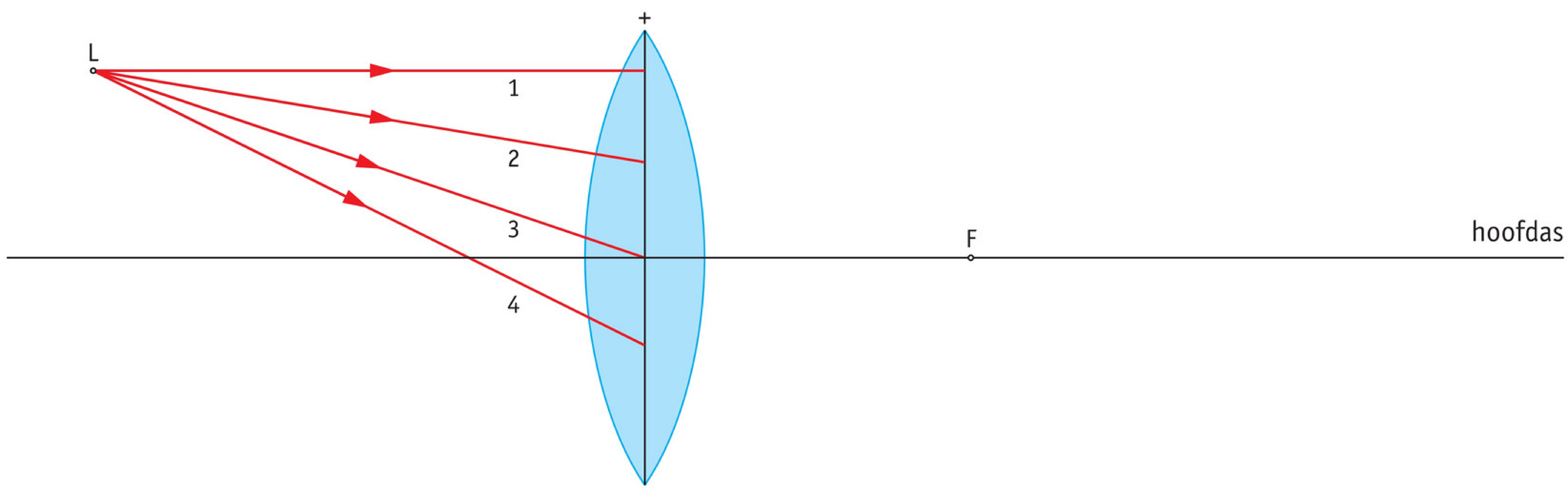
figuur 13 Negen lenzen in doorsnede.

10 Het licht van een lampje (L) valt op een lens. In figuur 14 zijn vier lichtstralen getekend die op de lens vallen.

a Welke twee lichtstralen zijn constructiestralen?
lichtstraal *1 / 2 / 3 / 4*

b Teken hoe de constructiestralen na de lens verder lopen.

c Teken hoe de andere twee lichtstralen worden gebroken.



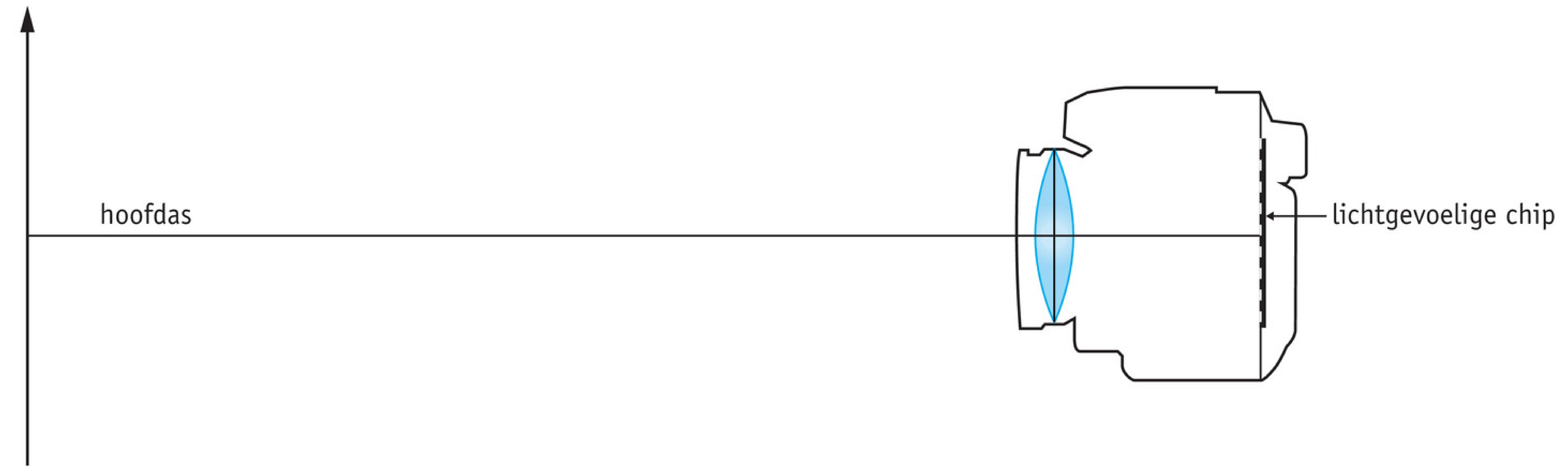
figuur 14 Hoe breekt de lens deze vier lichtstralen?

11 Een natuurfotograaf maakt een close-upfoto van een vlinder. Daarbij ontstaat er een scherp beeld van de vlinder op een lichtgevoelige chip in de camera. In figuur 15 zie je een eenvoudige tekening van deze situatie. Hierin wordt de vlinder voorgesteld als een pijl.

a Teken in figuur 15 het beeld van de pijl dat op de chip valt.

b Hoe groot is de voorwerpsafstand in de tekening? .... cm

c Hoe groot is de beeldafstand? .... cm



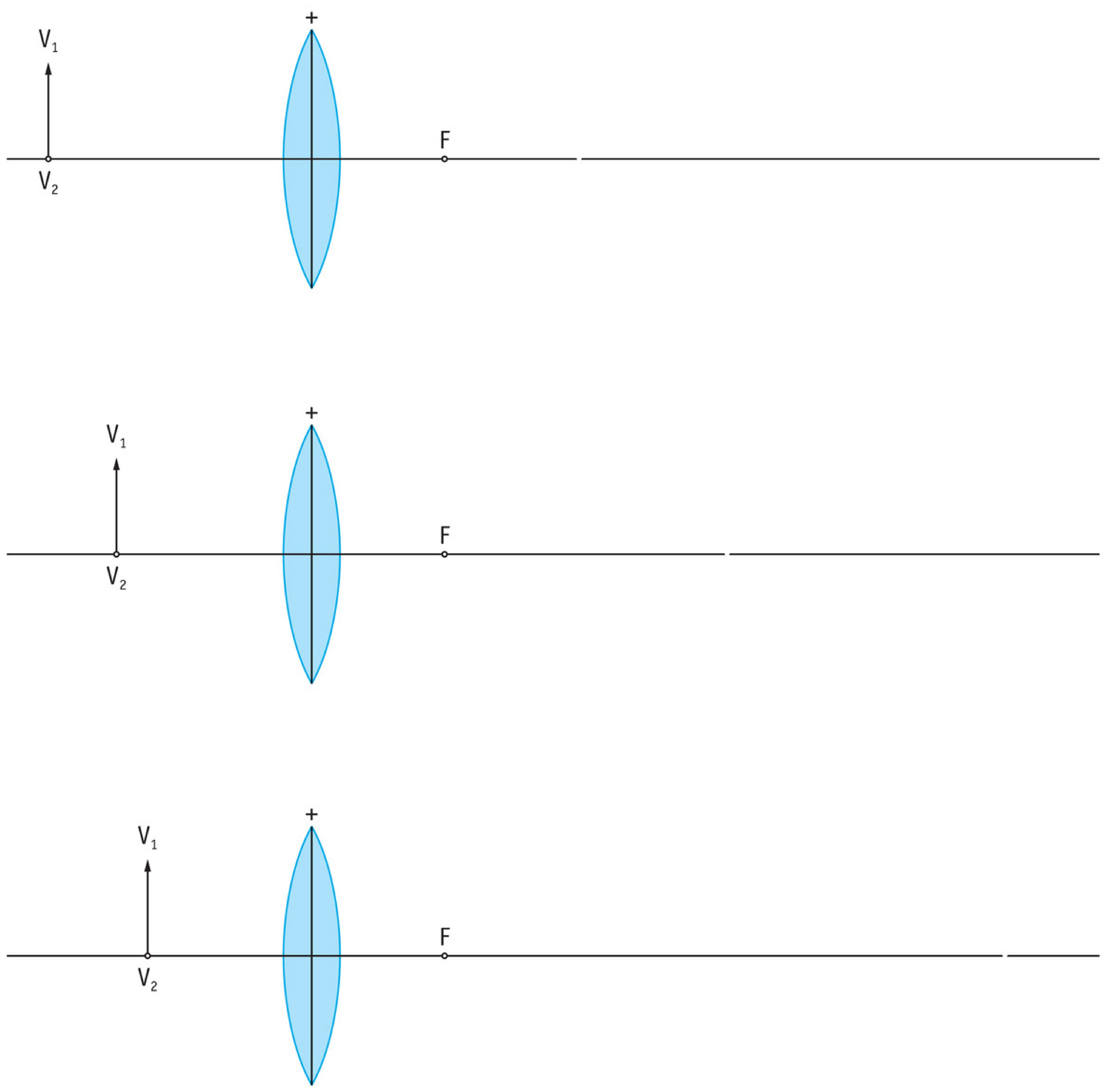
figuur 15 Het beeld op de chip in een digitale camera construeren.

12 Abdul projecteert met een positieve lens een pijl op een scherm. Hij zet de pijl steeds dichter bij een positieve lens (figuur 16).

a Construeer (teken) de plaats van het beeld B_1B_2 in elk van de drie tekeningen.

b Teken ook het geprojecteerde beeld van de pijl.

c Als het voorwerp dichter bij de lens komt, wordt het beeld *groter* / *kleiner*.



figuur 16 Een beeld van een pijl maken.

★ 13 In figuur 17 zie je hoe een lichtstraal vanuit punt L door een bolle lens wordt gebroken.

a Construeer het beeld van punt L en zet er de letter B bij.

b Welke constructiestraal heb je gebruikt om B te vinden?

....

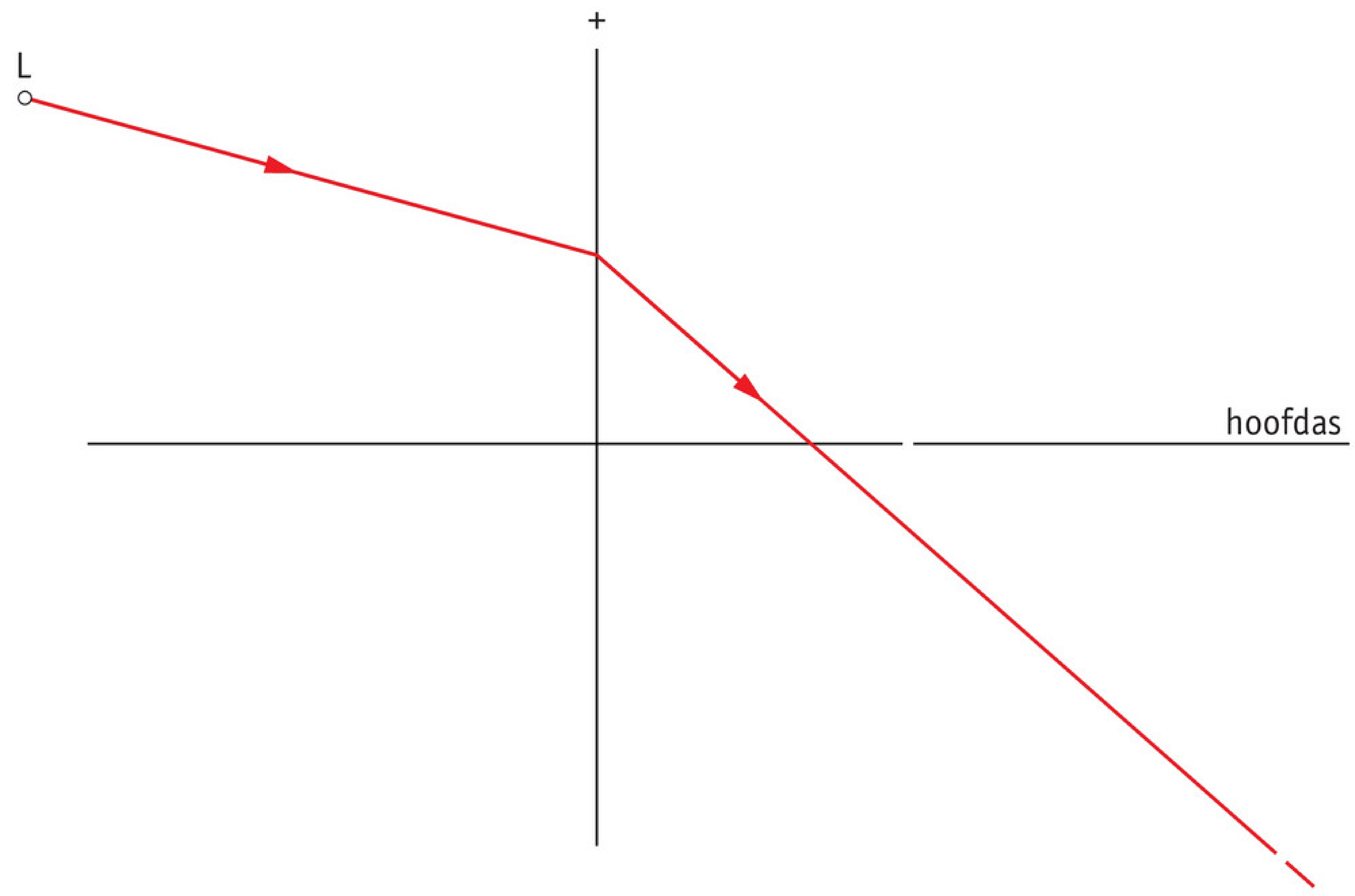
....

c Construeer het brandpunt van de lens en zet er de letter F bij.

d Welke constructiestraal heb je gebruikt om F te vinden?

....

....



figuur 17 Het brandpunt van een lens construeren.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA FRESNELLENZEN

14 Fresnellenzen worden voor allerlei toepassingen gebruikt.

a Wat is de reden om een fresnellens te gebruiken in plaats van een gewone lens?

....

....

b Schrijf drie toepassingen op van fresnellenzen.

....

....

....

c Waarvoor dient een condensorlens in een beamer?

....

....

....

15 In filmstudio's worden vaak fresnelspots gebruikt. In zo'n spot zit een felle lamp met daarvoor een verstelbare fresnellens (figuur 18).

a Waaraan zie je in figuur 18 dat het om een fresnellens gaat?

....

....

b Wat is de functie van de fresnellens in zo'n spot?

....

....

....

c De afstand tussen de lens en de lamp is instelbaar.
Wat gebeurt er met de lichtbundel als je de afstand tussen de lens en de lamp kleiner maakt?

- ○ A De lichtbundel wordt breder.
- ○ B De lichtbundel wordt smaller.

d Wanneer is het licht het felst?

- ○ A bij een brede lichtbundel
- ○ B bij een smalle lichtbundel

e Wanneer zijn de schaduwen het hardst?

- ○ A bij een brede lichtbundel
- ○ B bij een smalle lichtbundel

figuur 18

Fresnelspots

Een belangrijk voordeel van fresnelspots is dat je er zowel brede als smalle lichtbundels mee kunt maken. De hoek waaronder het licht wordt uitgestraald, kun je instellen tussen 15° en 80°. Je kunt er dus een heel podium mee belichten, maar je kunt er ook iemand mee in de spotlights zetten. Door de hoek te veranderen, kun je de hardheid (felheid) van het licht regelen en kun je schaduwen harder of juist zachter maken.



4 Oog en bril

LEERDOELEN

5.4.1 Je kunt zeven onderdelen van een oog benoemen.
5.4.2 Je kunt beschrijven hoe je ogen een beeld vormen.
5.4.3 Je kunt de functie toelichten van het netvlies, de oogzenuw, de iris en de pupil.
5.4.4 Je kunt beschrijven hoe je ogen scherpstellen op voorwerpen dichtbij en in de verte.
5.4.5 Je kunt uitleggen wat bijziendheid is en hoe je deze afwijking kunt corrigeren.
5.4.6 Je kunt uitleggen wat verziendheid is en hoe je deze afwijking kunt corrigeren.
EXTRA 5.4.7 Je kunt de sterkte van brillenglazen berekenen als je de brandpuntsafstand kent.

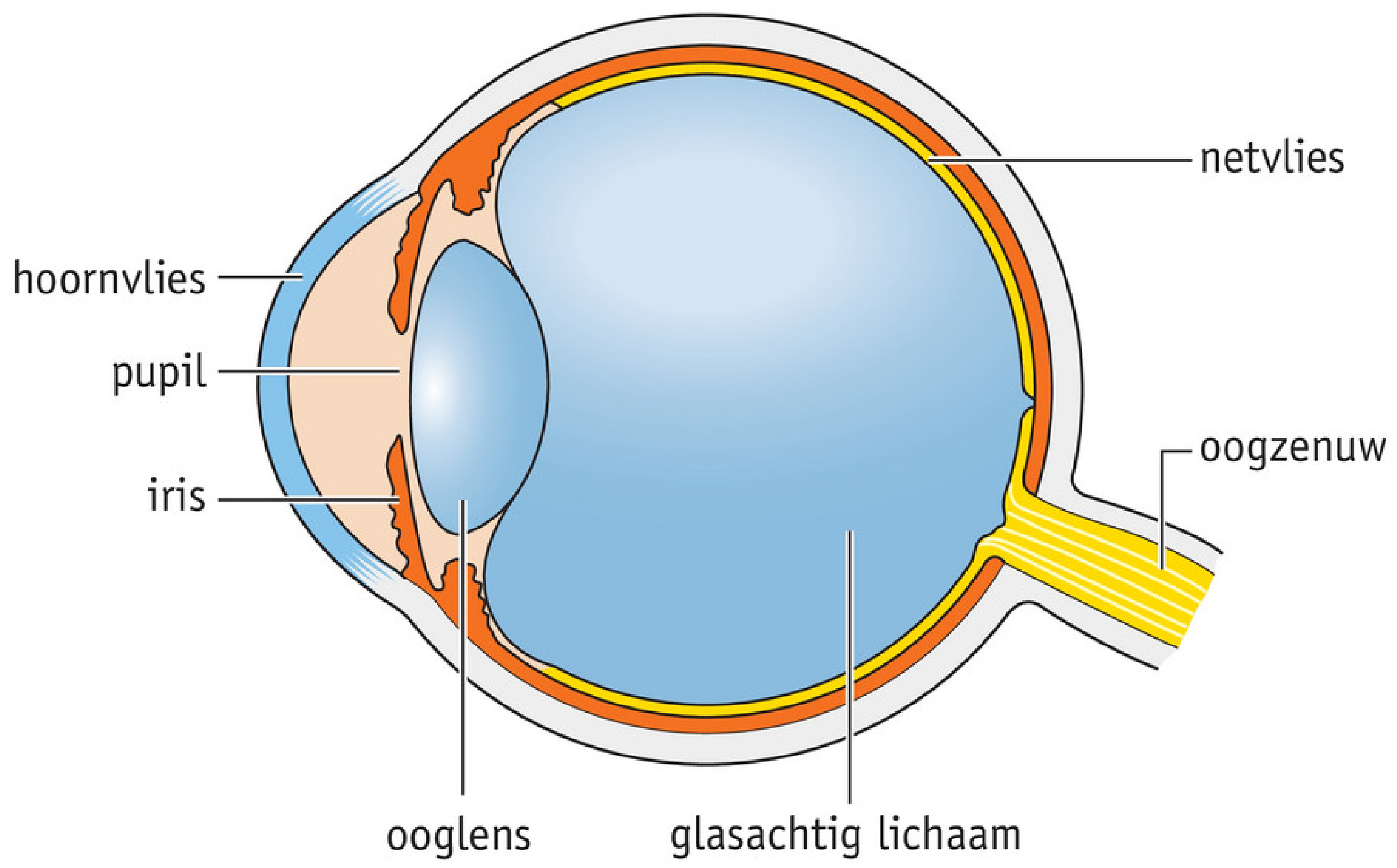
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	5.4.1	5.4.2	5.4.3	5.4.4	5.4.5	5.4.6	5.4.7	5.3.1*	5.3.7*
Onthouden	1	2ab	3b, 6	3a, 4	7bd	7ac			
Begrijpen				8c, 10, 12c	5a, 9abcd, 11ab	5b	15bc	13abcd	12a
Toepassen				8ab			14ab, 15d		12b
Analyseren							15a		

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Mensen met een bril of contactlenzen kunnen bijziend zijn of verziend. Waaraan merk je of je bijziend of verziend bent?

DE BOUW VAN JE OGEN

Je ziet de dingen om je heen doordat ze licht weerkaatsen naar je ogen. Het licht beweegt daarna door de doorzichtige delen van elk oog: het gaat door het **hoornvlies**, de **ooglens** en het **glasachtig lichaam**. Ten slotte komt het licht op het netvlies terecht (figuur 1).



figuur 1 Een oog in doorsnede.

De combinatie hoornvlies-ooglens-glasachtig lichaam heeft dezelfde uitwerking als een positieve lens: het licht wordt zo gebroken dat er op het netvlies een scherp reëel beeld ontstaat.

Het **netvlies** bevat een groot aantal lichtgevoelige zintuigcellen. Als er licht op de zintuigcellen valt, geven die cellen elektrische signalen af. Deze signalen worden door de oogzenuw doorgegeven aan de hersenen. Wanneer je hersenen de signalen ontvangen en verwerken, zie je iets.

De **pupil** is een opening in de **iris**, het gekleurde deel van je oog. In fel zonlicht, als er veel licht is, is de iris breed en zijn je pupillen klein. Zo komt er niet te veel licht op je netvlies terecht. In het schemerdonker, als er weinig licht is, is de iris smal en zijn je pupillen groot. Het kleine beetje licht dat er nog is, wordt dan zo goed mogelijk benut (figuur 2).

figuur 2 De pupil in je oog verandert door de hoeveelheid licht.



a veel licht, kleine pupil



b weinig licht, grote pupil

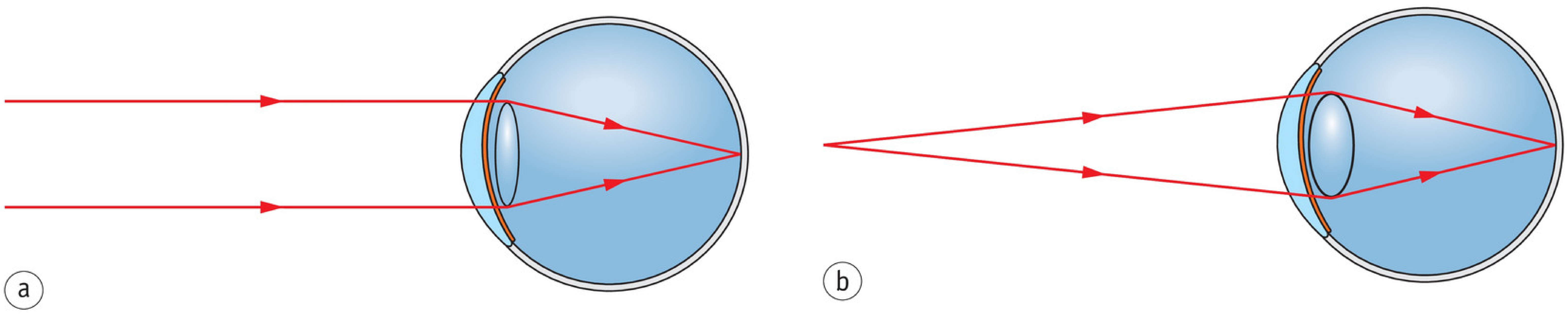
ACCOMMODEREN

Ook je ogen moeten scherpstellen om de wereld om je heen goed te kunnen zien. Maar je ogen hebben geen lens die kan verschuiven. De afstand tussen de ooglens en het netvlies (de beeldafstand) is steeds even groot. Dat je toch altijd scherp kunt zien, komt doordat je ogen kunnen **accommoderen**: een kring van spiertjes rond de ooglens kan de ooglens platter en boller maken.

Als je ooglens boller wordt, wordt hij sterker. Maak je hem platter, dan wordt hij minder sterk. Hoe sterker de ooglens is, hoe meer hij het licht breekt. Als je naar een voorwerp in de verte kijkt, zijn je ooglenzen niet erg bol. Het licht dat in je ogen valt, divergeert bijna niet. De ooglenzen hoeven niet erg sterk te zijn om het voorwerp scherp af te beelden (figuur 3a).

Als je naar een voorwerp kijkt dat vlakbij is, zijn je ooglenzen veel boller. Het licht dat in je oog valt divergeert behoorlijk. De bundel moet dan sterker worden gebroken dan bij een voorwerp in de verte. Je ooglenzen moeten nu vrij sterk zijn om een scherp beeld op het netvlies te vormen (figuur 3b).

figuur 3 Het accommoderen van je oog.



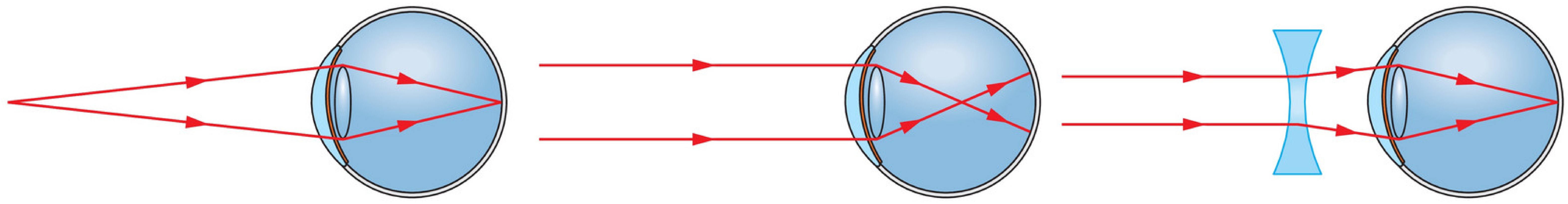
Als je naar de dingen om je heen kijkt, ben je telkens aan het scherpstellen. Je ooglenzen veranderen voortdurend van vorm om je blik scherp te houden.

BIJZIEND EN VERZIEND

Veel mensen zien niet scherp. Hun ogen breken het licht te sterk of juist niet sterk genoeg. Ze hebben een bril of contactlenzen nodig om dat probleem te corrigeren.

Als je **bijziend** bent, zie je alleen scherp wat dichtbij is. Dingen die ver weg zijn, kun je niet scherp zien. Dit komt doordat je ooglenzen te bol zijn. Het beeld van een voorwerp in de verte komt niet op, maar vóór het netvlies terecht.

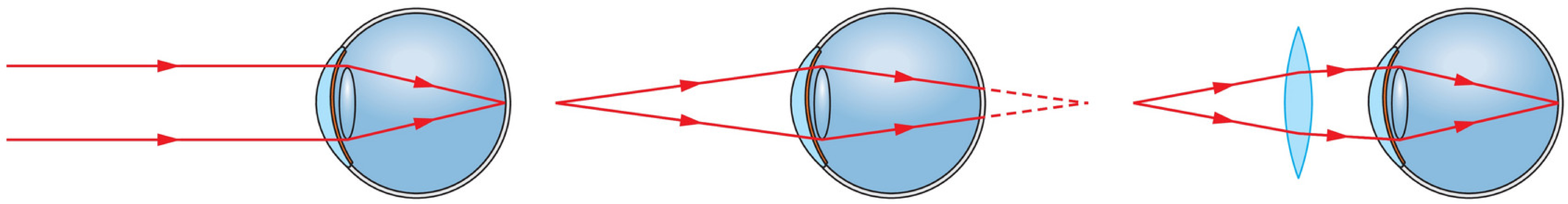
Iemand die bijziend is, heeft negatieve brillenglazen of contactlenzen nodig. Die laten het licht dat op de ogen valt iets divergeren. Daardoor vormt het beeld zich niet meer vóór, maar precies op het netvlies (figuur 4).



figuur 4 Bijziendheid wordt gecorrigeerd met een negatieve lens.

Als je **verziend** bent, kun je alleen dingen in de verte scherp zien. Voorwerpen die vlakbij zijn, kun je niet goed waarnemen. Dit komt doordat je ooglenzen te zwak zijn. Licht van een voorwerp dichtbij vormt een beeld achter het netvlies.

Iemand die verziend is, heeft positieve brillenglazen of contactlenzen nodig. Die zorgen ervoor dat het licht sterker wordt gebroken. Daardoor vormt het beeld zich niet meer achter, maar precies op het netvlies (figuur 5).



figuur 5 Verziendheid wordt gecorrigeerd met een positieve lens.

Je kunt vaak zien wat voor glazen iemand in zijn bril heeft. Als iemand een bril draagt met positieve glazen, lijken zijn ogen groter dan in werkelijkheid. Dat komt doordat de positieve glazen werken als een vergrootglas. Bij een bril met negatieve glazen is het precies omgekeerd; dan zien de ogen van de drager er juist verkleind uit.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DE STERKTE VAN BRILLENGLAZEN

Als je aan iemand vraagt wat voor bril hij heeft, zal het antwoord iets zijn als '+2' of '−3' (figuur 6). Deze getallen geven aan hoe sterk een brillenglas is. Die sterkte kun je berekenen als je de brandpuntsafstand van het glas weet. Dat doe je met de formule:

$$S = \frac{1}{f}$$

In deze formule is:
- *S* de lenssterkte in dioptrie (D);
- *f* de brandpuntsafstand in meter (m).



figuur 6 Op leesbrillen in de winkel staat de sterkte (in dioptrie) al vermeld.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een bril heeft glazen met een brandpuntsafstand van 40 cm.
Bereken de sterkte van de bril.

gegevens $f = 40\ \text{cm} = 0{,}40\ \text{m}$

gevraagd $S = ?$

uitwerking $S = \frac{1}{f}$

$S = \frac{1}{0{,}40} = +2{,}5\ \text{D}$

LEERSTOF

1 Licht dat in je ogen valt, legt een bepaalde weg af.
Waar gaat het licht achtereenvolgens doorheen?
- ○ A hoornvlies, glasachtig lichaam en ooglens
- ○ B hoornvlies, ooglens en glasachtig lichaam
- ○ C ooglens, glasachtig lichaam en hoornvlies
- ○ D ooglens, hoornvlies en glasachtig lichaam

2 Kies uit: *breed – groot – klein – smal*

a In fel zonlicht is de iris .... en zijn de pupillen ....

b In het schemerdonker is de iris .... en zijn de pupillen ....

3 Je ogen kunnen accommoderen.

a Leg uit wat er gebeurt als je ogen accommoderen.

....

....

....

....

b De oogzenuw geeft aan de hersenen door of je ogen moeten accommoderen.
waar / *onwaar*
In de iris zitten kleine spiertjes die ervoor zorgen dat de ooglens kan accommoderen.
waar / *onwaar*

4 Je ooglenzen passen zich aan als een voorwerp vlakbij is.
Als je naar een voorwerp kijkt dat vlakbij is:
- ○ A zijn je ooglenzen erg bol.
- ○ B zijn je ooglenzen niet erg bol.
- ○ C zijn je ooglenzen erg hol.
- ○ D zijn je ooglenzen niet erg hol.

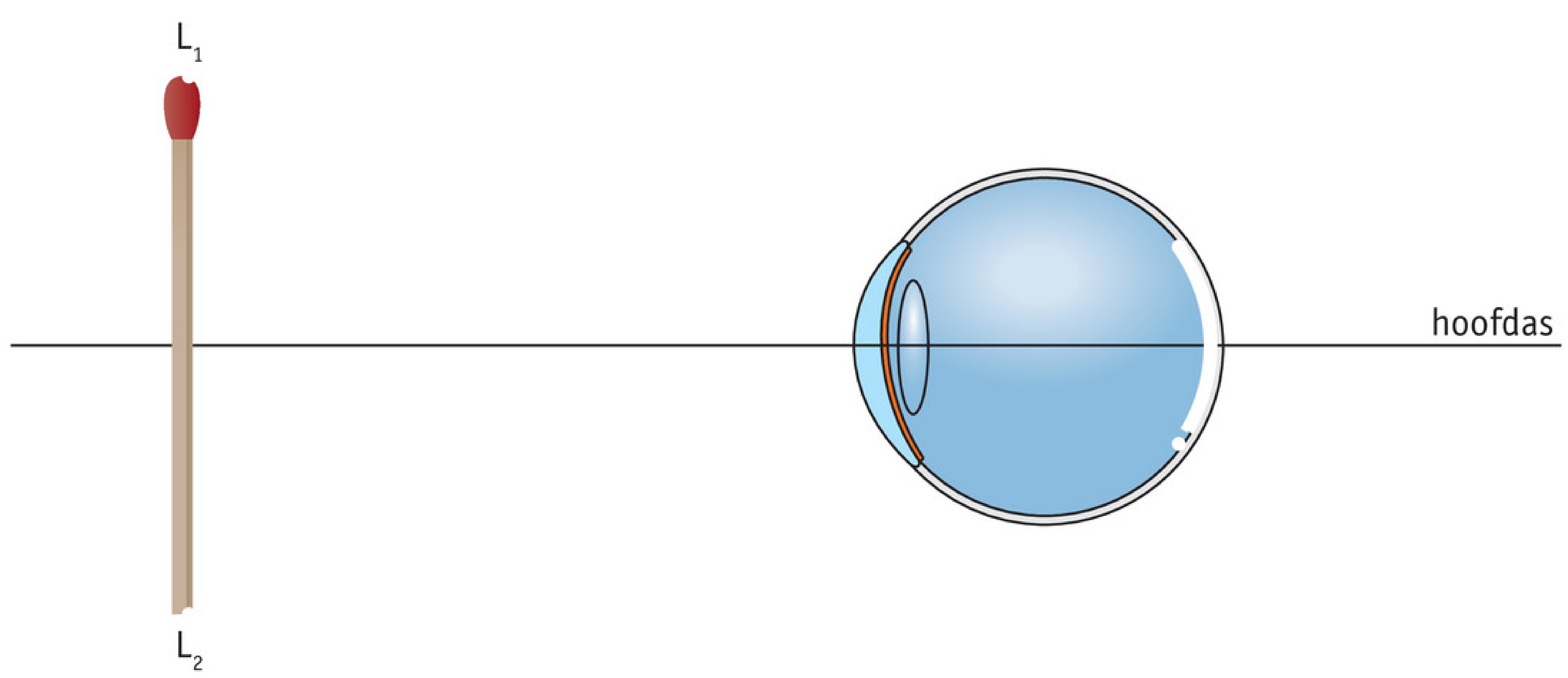
5 Als je niet scherp ziet, kun je bijziend of verziend zijn.
a Cheyenne kan alles wat dichtbij is, goed zien. Voorwerpen die veraf zijn, ziet ze wazig.
Cheyenne is *bijziend* / *verziend*.
b Silas kan veraf goed zien, maar bij het lezen van een boek moet hij een bril gebruiken.
Silas is *bijziend* / *verziend*.

6 Vanuit je ogen worden signalen naar de hersenen gezonden.
Wat voor signalen zijn dat?
- ○ A elektrische signalen
- ○ B geluidssignalen
- ○ C lichtsignalen

7 Kies de juiste woorden.
a Als je verziend bent, zijn je ooglenzen *te zwak* / *te sterk*.
b Als je bijziend bent, zijn je ooglenzen *te zwak* / *te sterk*.
c Als je verziend bent, heb je een bril nodig met *positieve* / *negatieve* lenzen.
d Als je bijziend bent, heb je een bril nodig met *positieve* / *negatieve* lenzen.

TOEPASSING

8 In figuur 7 houdt Annette een lucifer voor haar linkeroog. Ze kan de lucifer nog net scherp zien.
a Teken het beeld van L_1 op het netvlies.
b Teken het beeld van L_2 op het netvlies.
c Het beeld van de lucifer staat *ondersteboven* / *rechtop*.



figuur 7 Kijken naar een lucifer.

Werken bij een brillenwinkel — beroep



Nora (25 jaar) heeft de opleiding tot Allround Medewerker Optiek afgerond. Bij deze opleiding leer je om nieuwe brillen klaar te maken voor klanten en kapotte brillen te repareren. Je leert hoe een bril in elkaar zit. Ook leer je werken met verschillende gereedschappen. En je leert hoe je met klanten om moet gaan.
Bij de brillenwinkel waar Nora werkt, doet ze alles, behalve de oogmetingen; dit doet haar collega die opticien is. Eigenlijk vindt Nora dat het leukst. Ze denkt er dan ook over om nog een vervolgopleiding tot opticien te gaan volgen. Ze ziet er wel tegenop om weer twee jaar naar school te gaan. Gelukkig kan ze dit combineren met haar baan bij de brillenwinkel.

9 Leest de tekst 'Werken bij een brillenwinkel'.
José is bij een brillenwinkel voor een oogmeting en het kiezen van een bril. Uit de meting blijkt dat ze behoorlijk sterke, negatieve brillenglazen nodig heeft.

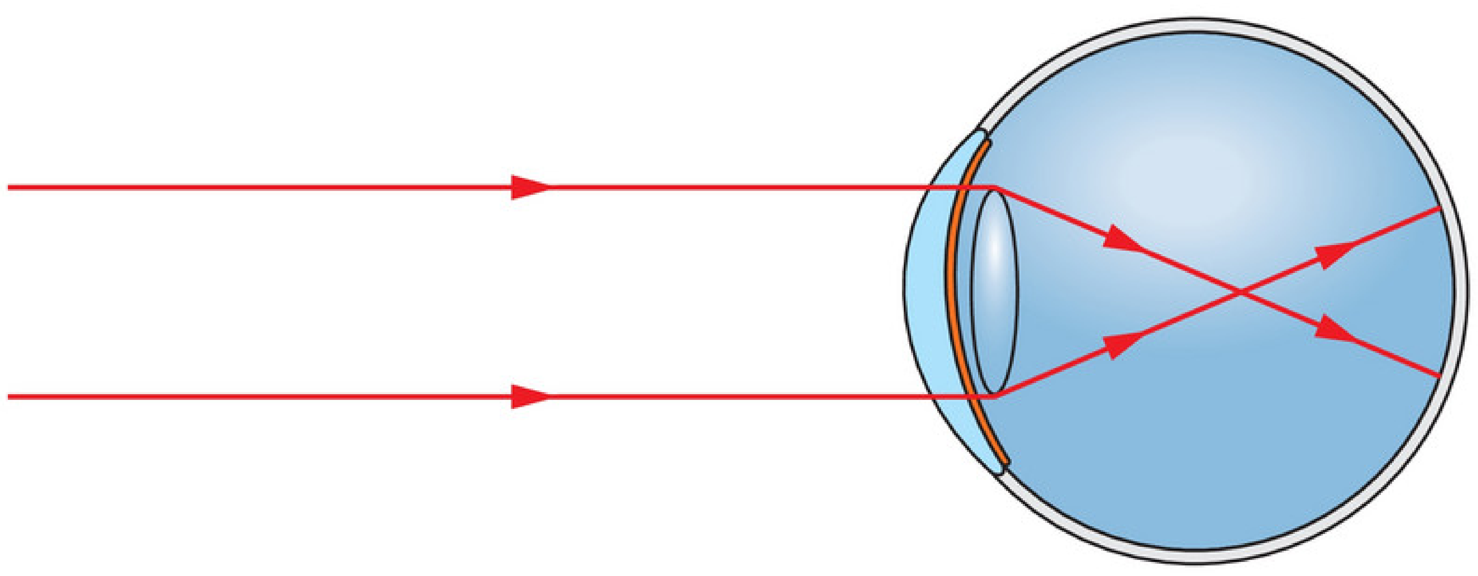
a José is *bijziend* / *verziend*.
b Haar ooglenzen zijn *te sterk* / *te zwak*.
c Om te kunnen lezen heeft José haar contactlenzen *wel* / *niet* nodig.
d José kijkt vanaf de tribune naar een voetbalwedstrijd.
Om veraf te kunnen zien heeft ze *wel* / *geen* lenzen nodig.

10 Als je naar een voorwerp veraf kijkt, is de vorm van je ooglens anders dan wanneer je naar een voorwerp dichtbij kijkt.
Zet de zinnen in de juiste volgorde. Gebruik de nummers 1 tot en met 4. De situatie waarin je ooglens het bolst is, krijgt nummer 1. De situatie waarin je ooglens het platst is, krijgt nummer 4.

.... Je kijkt naar een film op de televisie.
.... Je ziet een vliegtuig overvliegen.
.... Je speelt een game op een computer.
.... Je zoekt een kleine splinter in je vinger.

11 Ilias kan niet goed zien zonder bril. Als een voorwerp verder dan 2 m weg is, lukt het hem niet het beeld scherp op zijn netvlies te krijgen. Het beeld komt niet óp, maar net iets voor het netvlies terecht (figuur 8).

a Ilias is *bijziend* / *verziend*.
b Wat voor soort bril heeft Ilias nodig om alles scherp te kunnen zien?
○ A een bril met negatieve lenzen
○ B een bril met positieve lenzen



figuur 8 Zo wordt het beeld in de ogen van Ilias gevormd.

12 Wessel houdt een vinger 10 cm voor zijn ogen. Hij kan zijn vinger dan nog net scherp zien. De afstand tussen ooglens en netvlies is dan in beide ogen 1,7 cm. Vervolgens kijkt hij naar een auto die 100 m verderop voorbijrijdt.

a Hoe groot is de voorwerpsafstand als Wessel:

- naar zijn vinger kijkt? ....
- naar de auto kijkt? ....

b Hoe groot is de beeldafstand als Wessel:

- naar zijn vinger kijkt? ....
- naar de auto kijkt? ....

c Hoe verandert de ooglens als Wessel van zijn vingertop naar de auto gaat kijken?

....

....

★ 13 In figuur 9 zie je twee jongens met een bril.

a Wie draagt een bril met positieve glazen?
De jongen op foto *a* / *b*.

b Waaraan zie je dat?
○ A De lenzen vergroten.
○ B De lenzen verkleinen.

c Wie draagt een bril met negatieve glazen?
De jongen op foto *a* / *b*.

d Waaraan zie je dat?
○ A De lenzen vergroten.
○ B De lenzen verkleinen.

figuur 9 Hebben deze jongens dezelfde soorten brillenglazen?


ⓐ


ⓑ

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DE STERKTE VAN BRILLENGLAZEN

★ 14 Als je naar een punt op grote afstand kijkt, lopen de lichtstralen uit dat punt zo goed als evenwijdig. De ooglens vormt dan een scherp beeldpunt op het netvlies (figuur 10).

a Leg uit dat het brandpunt van de ooglens in dit geval samenvalt met het beeldpunt. Kijk hiervoor goed naar figuur 10.

....

....

....

....

b Hoe groot is de brandpuntsafstand van de ooglens in deze situatie? ....

c De ooglens is in deze situatie *bol* / *plat*.

d Bereken hoe sterk de ooglens in deze situatie is.

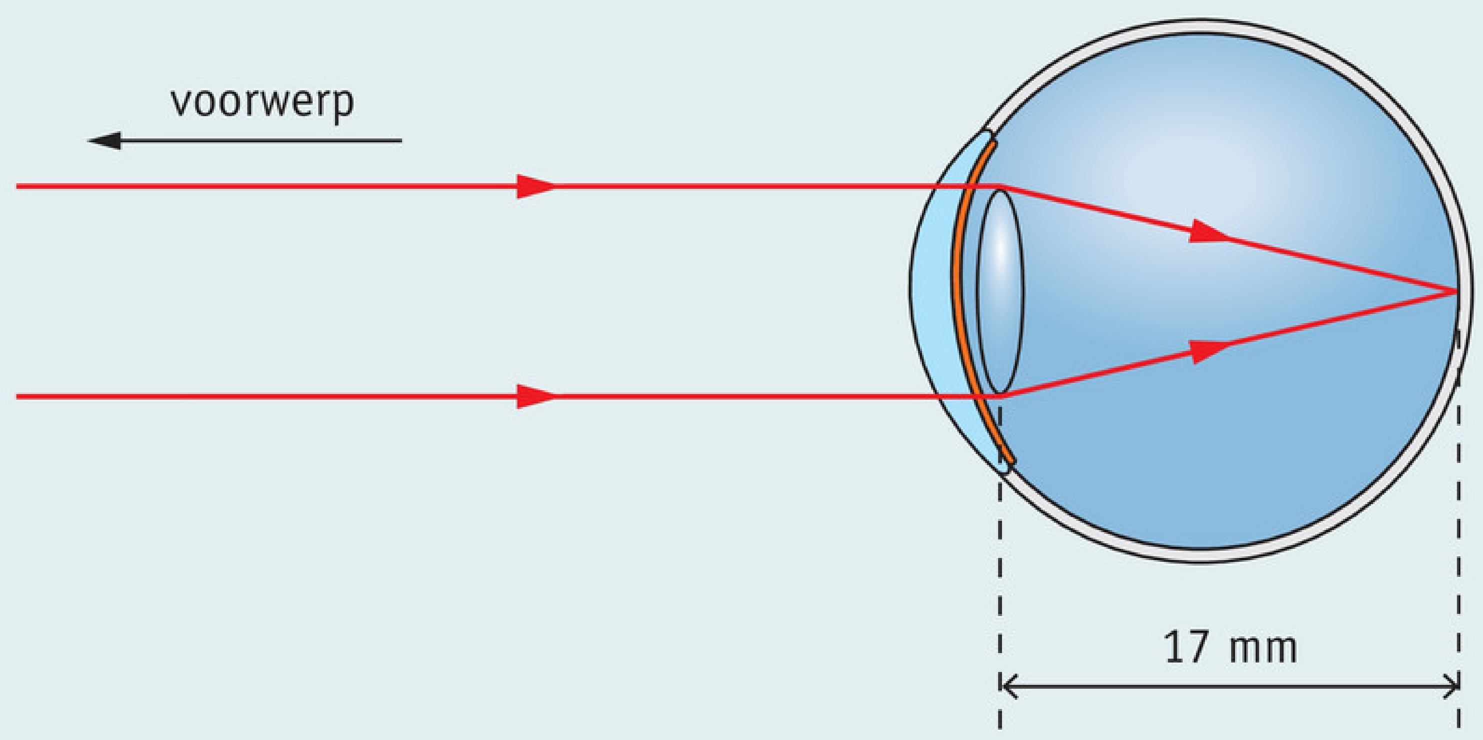
....

....

....

....

....



figuur 10 Zo breekt een oog het licht van een voorwerp in de verte.

15 Iwan heeft een bril met glazen van +3 D.

a Bereken de brandpuntsafstand van Iwans glazen.

....

....

....

....

....

b Iwans zusje Maria heeft een bril met glazen van −2,25 D.
Bereken de brandpuntsafstand van Maria's glazen.

....

....

....

....

....

Practica

PROEF 1 BEELDEN MAKEN MET EEN LENS

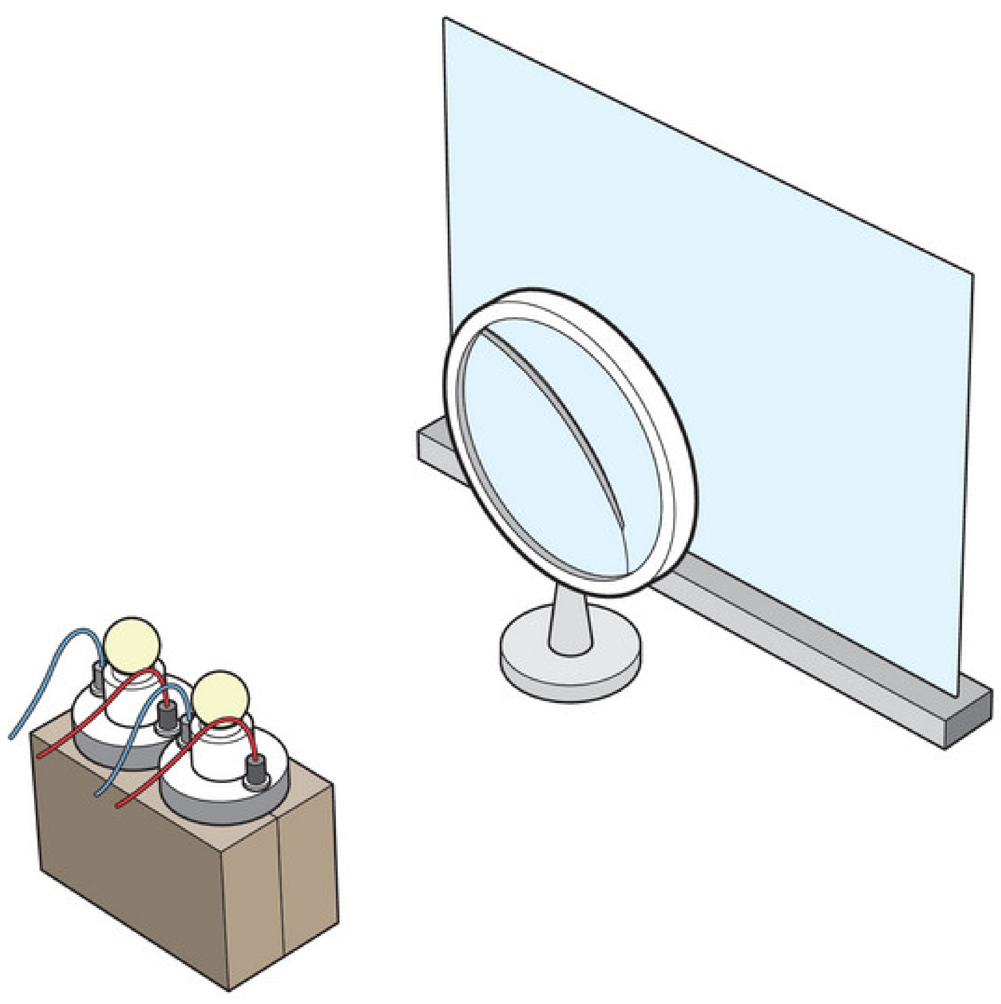
20 minuten

Inleiding
Met een positieve lens kun je een voorwerp afbeelden op een scherm. Denk aan een beamer waarmee je een presentatie kunt laten zien aan een groep mensen. Op het projectiescherm is dan een sterk vergroot beeld te zien van een klein lcd-beeldschermpje (het voorwerp) in de beamer.

Doel
In deze proef onderzoek je hoe zo'n beeld ontstaat. Je gebruikt een positieve lens om twee lampjes af te beelden op een scherm.

Nodig
- ☐ positieve lens (f = 10 cm)
- ☐ lenshouder
- ☐ scherm
- ☐ 2 lampjes
- ☐ 2 fittingen
- ☐ batterijhouder met 4 batterijen
- ☐ 2 snoeren
- ☐ liniaal (30 cm)

Uitvoeren en uitwerken
- Maak de opstelling van figuur 1.
- Zet de lens 20 cm van het lampje af.
- Zet het scherm 5 cm achter de lens.



figuur 1 De opstelling van proef 1.

1 Meet de doorsnede van een van de lichtvlekken die je op het scherm ziet.

Vul in: .... cm

- Schuif het scherm verder van de lens, zodat het op 15 cm achter de lens komt te staan.

2 Worden de lichtvlekken groter of kleiner?

....

3 Leg uit of de lichtbundel hier divergent of convergent is.

....

....

- Schuif het scherm nog wat verder naar achteren. Zoek de plaats op waar de lichtvlekken het kleinst zijn. Op dat moment zie je een scherp beeld van beide lampjes.

4 Worden de lampjes rechtop of ondersteboven afgebeeld?

....

- Dek het linker lampje met je hand af.

5 Welk lampje verdwijnt er nu uit het beeld: het linker of het rechter?

....

- Houd het ene lampje boven het andere. Dek het bovenste lampje met je hand af.

6 Welk lampje verdwijnt er dan uit het beeld: het onderste of het bovenste?

....

- Schuif het scherm nog 10 cm verder bij de lens vandaan.
  Bekijk de lichtvlekken die je nu op het scherm ziet.

7 Leg uit of de lichtbundel op deze plaats divergent of convergent is.

....

....

8 Als je het scherm bij de lens vandaan schuift, wordt de lichtvlek op het scherm eerst *groter* / *kleiner*. Je hebt dan een *convergente* / *divergente* lichtbundel.
Daarna wordt de lichtvlek op het scherm weer *groter* / *kleiner*. Je hebt dan een *convergente* / *divergente* lichtbundel.
Op de plaats waar de lichtvlek het *grootst* / *kleinst* is, ontstaat een scherp beeld op het scherm.

- Ruim alles netjes op.

PROEF 2 HET BRANDPUNT BEPALEN

20 minuten

Inleiding

Als zonlicht loodrecht op een lens valt, wordt al het licht gebroken naar één punt. Dat punt noem je het brandpunt. De afstand tussen het midden van de lens en het brandpunt heet de brandpuntsafstand. Hoe sterker de lens is, des te korter is de brandpuntsafstand.

Doel

In deze proef bepaal je de brandpuntsafstand van twee schijflenzen.

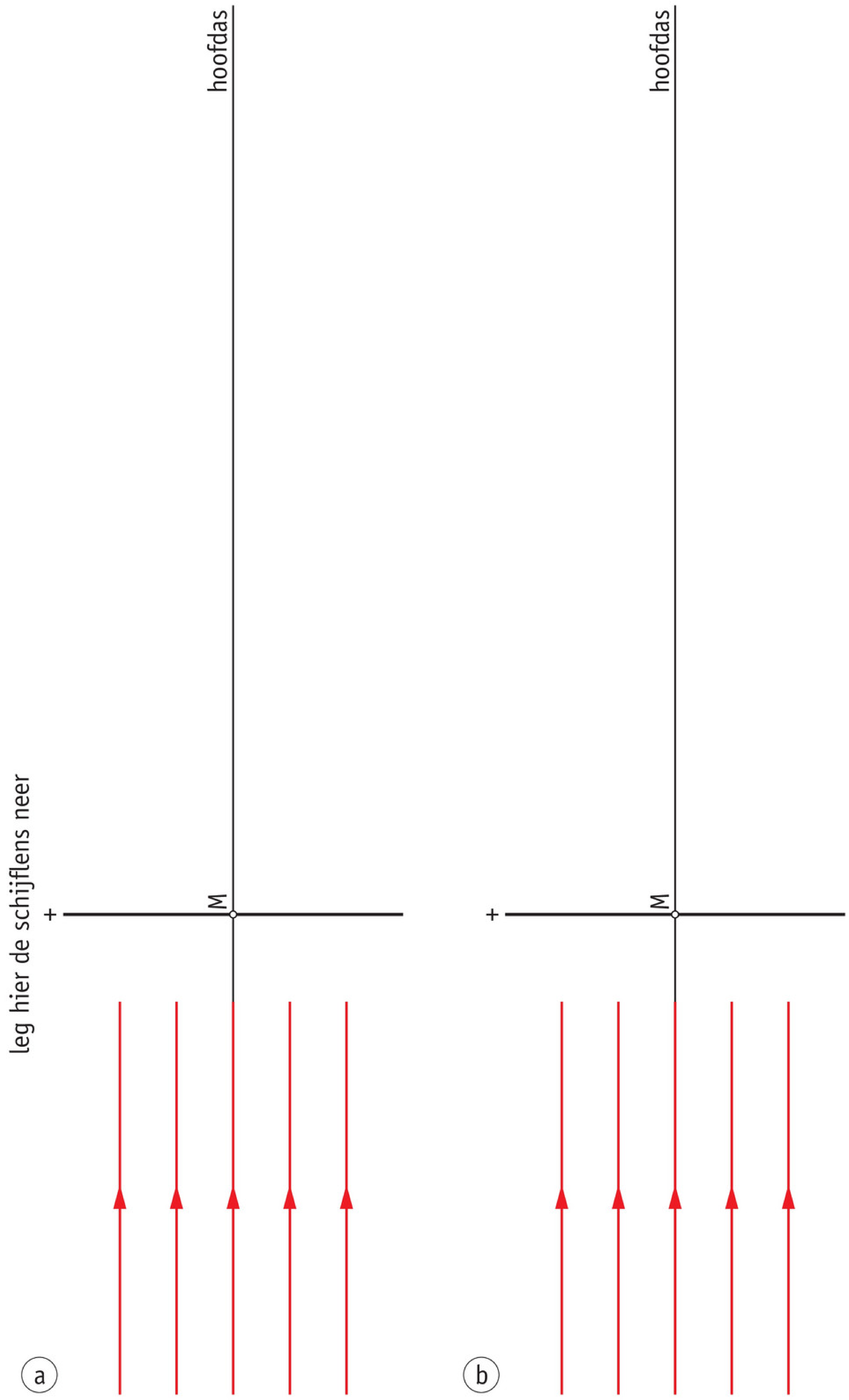
Nodig

- ☐ lichtkastje
- ☐ diafragma met vijf openingen
- ☐ 2 schijflenzen

Uitvoeren en uitwerken

- Zet het lichtkastje aan.
- Maak een evenwijdige lichtbundel.
- Leg de schijflens neer in figuur 2a, met het midden van de lens boven punt M.
- Laat een lichtbundel op de lens vallen zoals in de tekening.

figuur 2 Waar ligt het brandpunt van de lenzen?



1. Teken de omtrek van de lens voorzichtig in met potlood.

2. Zet een stip op de plaats waar de lichtstralen in één punt samenkomen. Dit punt noem je het brandpunt.

3. Zet de letter F bij het brandpunt.

- Leg de andere schijflens in figuur 2b.
- Laat een lichtbundel op deze lens vallen zoals in de tekening.

4. Teken de omtrek van de lens voorzichtig in met potlood.

5. Teken het brandpunt in en zet er een F bij.

6. Meet in figuur 2a de afstand tussen M (het midden van de lens) en F. Deze afstand noem je de brandpuntsafstand *f*.

   Vul in: *f* = ... cm

7. Meet ook de brandpuntsafstand in figuur 2b.

   Vul in: *f* = ... cm

8. De lens in figuur 2a heeft de *kleinste* / *grootste* brandpuntsafstand.
   Deze lens is het *zwakst* / *sterkst*.

- Ruim alles netjes op.

PROEF 3 CONSTRUCTIESTRALEN

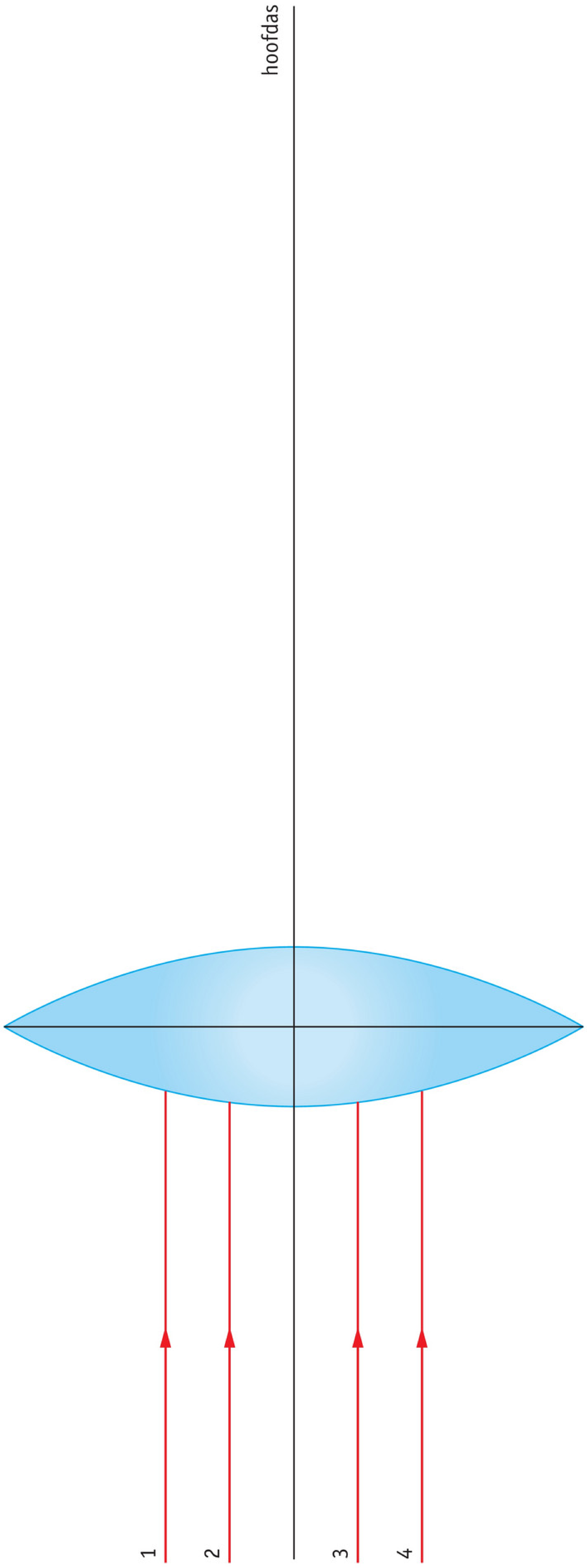
20 minuten

Inleiding
Als je wilt weten waar het beeld van een lens ontstaat, kun je een tekening op schaal maken. Bij het maken van zo'n tekening gebruik je twee constructiestralen. Dat zijn lichtstralen waarvan je precies weet hoe ze door de lens worden gebroken.

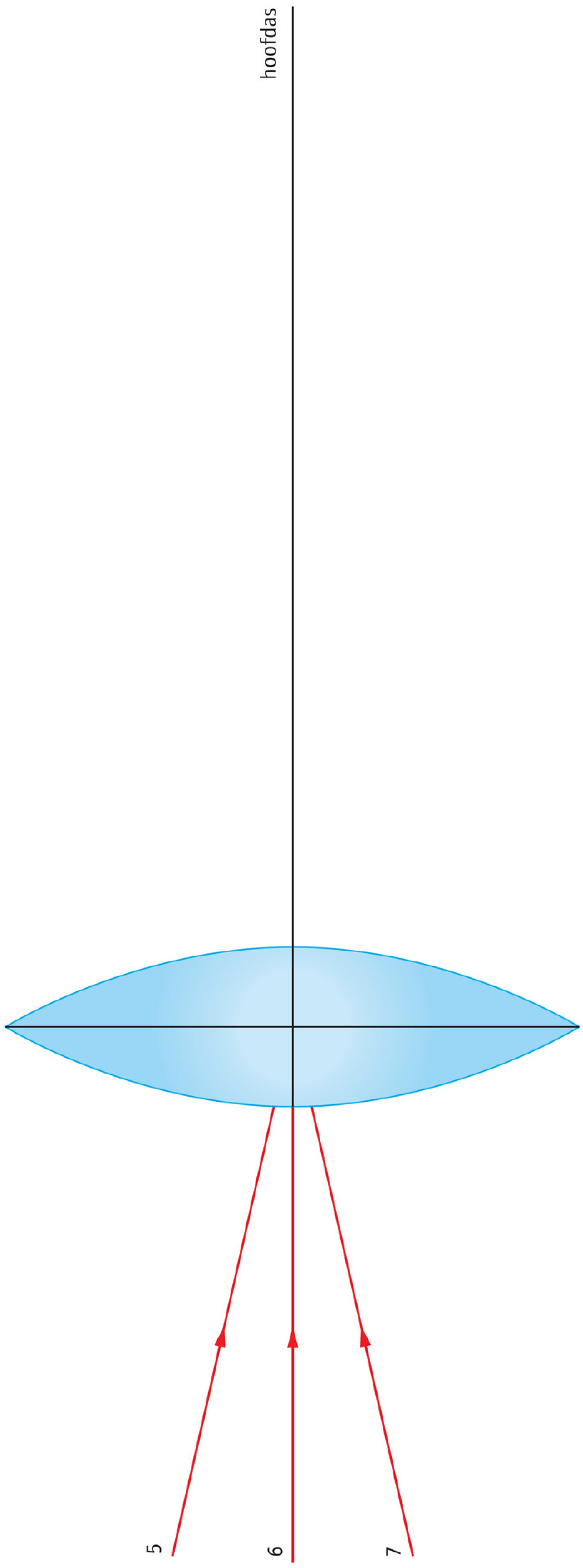
Doel
In deze proef zie je hoe twee soorten constructiestralen worden gebroken door een positieve lens.

Nodig
- ☐ lichtkastje
- ☐ diafragma met één opening
- ☐ positieve schijflens

Uitvoeren en uitwerken
- Zet het lichtkastje aan.
- Schuif het diafragma erin.
- Leg de lens neer in figuur 3.
- Laat een lichtstraal precies over lichtstraal 1 op de schijflens vallen.



figuur 3 Deze constructiestralen lopen evenwijdig aan de hoofdas.



figuur 4 Deze constructiestralen gaan door het midden van de lens.

1 Zet twee punten op de lichtstraal die uit de schijflens komt.

Tip: zet de punten zo ver mogelijk uit elkaar.

2 Teken met een liniaal hoe lichtstraal 1 door de schijflens wordt gebroken.

- Teken op dezelfde manier hoe de lichtstralen 2, 3 en 4 worden gebroken.
- Leg de schijflens in figuur 4.

3 Teken hoe de lichtstralen 5, 6 en 7 worden gebroken.

4 Trek je conclusies.

a Hoe worden lichtstralen gebroken die evenwijdig aan de hoofdas lopen (1 tot en met 4)?

....

....

....

b Hoe worden lichtstralen gebroken die op het midden van de lens vallen (5 tot en met 7)?

....

....

....

- Ruim alles netjes op.

PROEF 4 VOORWERPSAFSTAND EN BEELDAFSTAND

30 minuten

Inleiding

Met een lens kun je een voorwerp afbeelden op een scherm. Als je het voorwerp verder bij de lens vandaan zet, moet je ook het scherm verzetten; anders zie je geen scherp beeld meer.
Hoe verandert de beeldafstand (de afstand tussen het beeld en de lens) dan? Wordt die afstand ook groter of juist kleiner? Dat onderzoek je in deze proef.

Doel

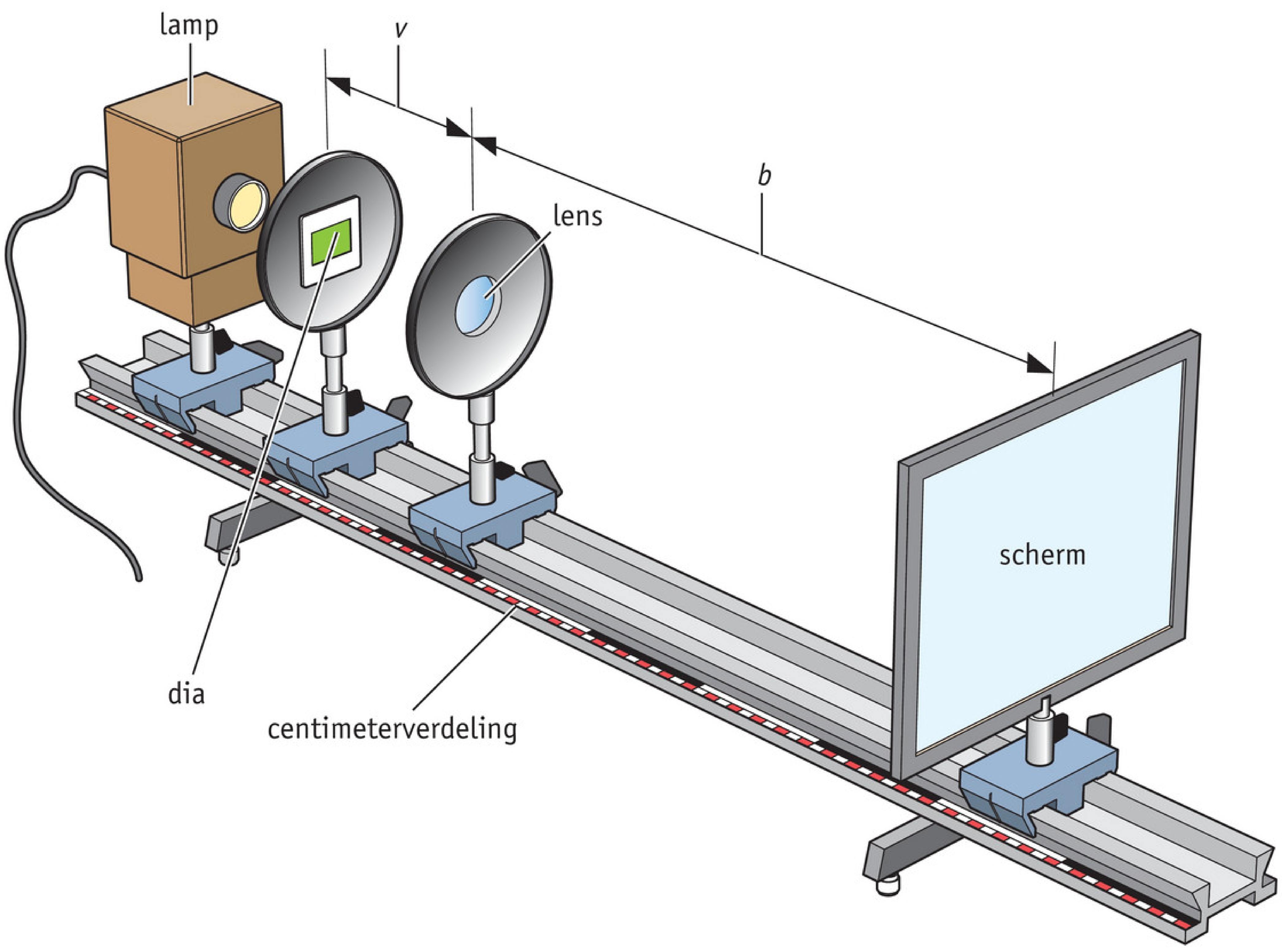
De onderzoeksvraag is:
Welk verband bestaat er bij een positieve lens tussen de voorwerpsafstand en de beeldafstand?

Nodig

- ☐ optische bank
- ☐ lichtbron met dia
- ☐ positieve lens (f = 10 cm)
- ☐ lenshouder
- ☐ scherm

Uitvoeren en uitwerken

- Maak de opstelling van figuur 5.
- Stel de voorwerpsafstand v in op 12,0 cm.
- Schuif het scherm heen en weer tot het beeld scherp is.



figuur 5 De opstelling van proef 4.

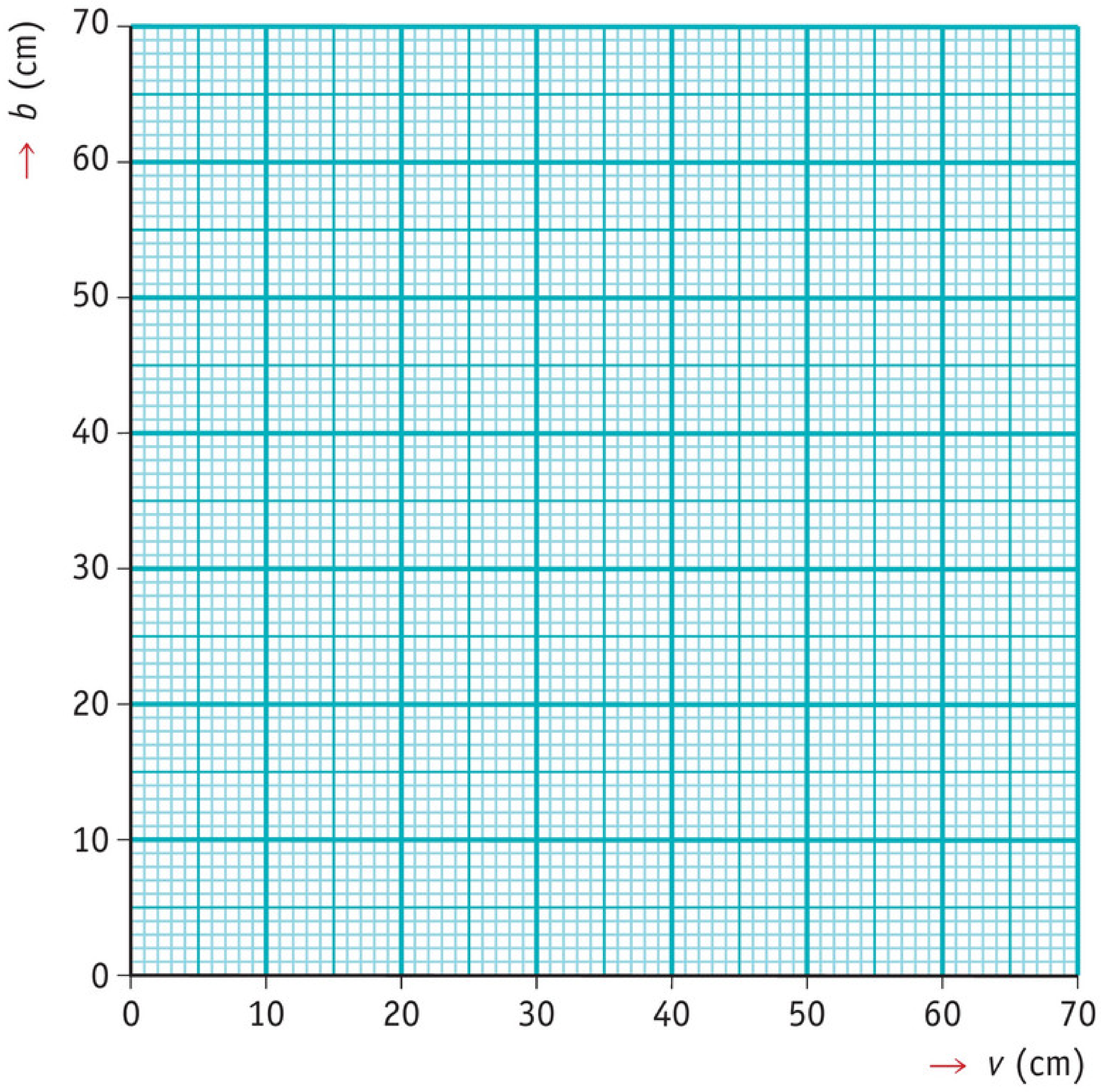
1 Meet de beeldafstand *b*.
Schrijf deze afstand in tabel 1.

tabel 1 Het verband tussen *v* en *b*.

voorwerpsafstand *v* (cm)	beeldafstand *b* (cm)
12,0	
14,0	
17,0	
20,0	
30,0	
60,0	

2 In tabel 1 staan nog meer waarden van *v*.
Bepaal bij elke waarde van *v* de bijbehorende waarde van *b*.
Schrijf de uitkomsten in de tabel.

3 Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
Teken in figuur 6 op de volgende bladzijde een grafiek van je meetresultaten.



figuur 6 Het verband tussen *v* en *b*.

4 Zie de vaardigheid *Verbanden meten*.
Waaraan kun je zien dat het verband tussen *v* en *b* niet lineair is?

....

....

....

5 Waaraan kun je zien dat het verband tussen *v* en *b* niet evenredig is?

....

....

....

6 Als voorwerpsafstand *v* groter wordt, dan wordt de beeldafstand *b* ....

- Ruim alles netjes op.

PROEF 5 INFRARODE STRALING

45 minuten

Inleiding

Je gebruikt waarschijnlijk elke dag wel een afstandsbediening. Maar weet je ook hoe doordringend de ir-straling van dat apparaat is? Gaat ir-straling ook door glas heen? Of door een houten deur? Hoeveel lagen krantenpapier zijn er nodig om ir-straling helemaal te absorberen?

Doel
Bij deze opdracht onderzoek je hoe doordringend ir-straling is. Je kunt dit onderzoek thuis doen. Gebruik een afstandsbediening als zender en de tv of een ander apparaat als ontvanger. De onderzoeksvraag is:
Waar gaat ir-straling wel doorheen en waardoor niet?

Uitvoeren en uitwerken
- Ga van een aantal materialen na of het ir-signaal erdoorheen gaat. Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.
- Zorg ervoor dat het signaal alleen rechtstreeks de ontvanger kan bereiken en niet bijvoorbeeld door weerkaatsing via een muur of een raam.

1 Zie de vaardigheid *Een verslag maken*.
Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

De volgende proeven staan in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proeven worden uitgevoerd.

PROEF 6 ACCOMMODEREN

10 minuten

Doel
In deze proef onderzoek je het accommoderend vermogen van je ogen.

PROEF 7 LEZEN MET EEN BRIL

10 minuten

Doel
In deze proef onderzoek je hoe de minimale leesafstand verandert als je verschillende brillen opzet.

Leerstofoverzicht

5.1 LICHT, SCHADUW EN SPIEGELS

ONTHOUD

- Een lichtbron geeft licht. Licht kun je tekenen als lichtstralen. Met een pijl in de lichtstraal geef je de richting aan die het licht volgt. Enorm veel lichtstralen bij elkaar noem je een lichtbundel.
- Er zijn verschillende soorten straling: microgolven, infrarode straling, licht, ultraviolette straling en röntgenstraling.
- Als licht op een voorwerp valt, kunnen er drie dingen gebeuren:
  - het voorwerp kan het licht absorberen;
  - het voorwerp kan het licht doorlaten;
  - het voorwerp kan het licht terugkaatsen.

  Bij spiegelende terugkaatsing blijven de lichtstralen net zo geordend als in de oorspronkelijke lichtbundel. Bij diffuse terugkaatsing bewegen ze ongeordend alle kanten op.
- De schaduw van een voorwerp bepaal je door de randstralen te tekenen en het gebied tussen de randstralen te arceren.
- Een lichtstraal die op een voorwerp valt, kaatst altijd via de spiegelwet terug. Deze wet zegt dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van terugkaatsing. In formule: $\angle i = \angle t$
- Een spiegelbeeld is een virtueel beeld. Het spiegelbeeld ligt even ver achter de spiegel als het voorwerp voor de spiegel staat.
- Een teruggekaatste lichtbundel kun je tekenen met de spiegelwet. Je kunt hem ook tekenen door eerst het spiegelbeeld van de lichtbron te tekenen. Dan teken je twee lichtstralen van de lichtbron naar de randen van de spiegel. Tot slot teken je de teruggekaatste lichtstralen alsof ze van het spiegelbeeld komen.

BEGRIPPEN

absorberen (licht)
Opnemen van licht.

diffuse terugkaatsing
Weerkaatsing van lichtstralen, waarbij de lichtstralen ongeordend alle kanten op bewegen.

hoek van inval
Hoek tussen een lichtstraal die op een spiegel valt en de normaal.

hoek van terugkaatsing
Hoek tussen de normaal en een lichtstraal die door een spiegel wordt teruggekaatst.

lichtbron
Een lichtbron is alles wat licht uitstraalt.

lichtbundel
Enorm veel lichtstralen samen.

lichtstraal
Rechte lijn die aangeeft welke weg het licht volgt.

normaal
Lijn die loodrecht op een spiegel staat.

randstraal
Lichtstraal die net niet door een voorwerp wordt tegengehouden.

schaduw
Gebied waar licht niet kan komen.

spiegelbeeld
Beeld dat je ziet als je in een spiegel kijkt.

spiegelende terugkaatsing
Weerkaatsing van lichtstralen, waarbij de lichtstralen net zo geordend bewegen als in de oorspronkelijke lichtbundel.

straling
Verzamelnaam van alle soorten straling: microgolven, infrarode straling, licht, ultraviolette straling en röntgenstraling.

virtueel beeld
Beeld waarbij er niets is op de plaats waar het beeld lijkt te zijn.

5.2 VAN INFRAROOD TOT ULTRAVIOLET

ONTHOUD

- Wit zonlicht kun je met een prisma splitsen in de zes spectraalkleuren: rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Deze kleurenreeks noem je het spectrum van zonlicht.
- Rode voorwerpen weerkaatsen voornamelijk rood licht. Witte voorwerpen weerkaatsen alle kleuren. Zwarte voorwerpen absorberen bijna alle kleuren en weerkaatsen dus bijna niets.
- Naast het violette licht vind je ultraviolette straling. Naast het rode licht vind je infrarode straling. Mensen kunnen infrarode en ultraviolette straling niet zien.
- Van uv-straling kan je huid verbranden. Uv-straling is zwak ioniserend. Uv-straling kan moleculen kapotmaken. Uv-straling wordt gebruikt in zonnebanken, blacklights, vliegenvangers en om vals geld van echt geld te onderscheiden.
- Alle voorwerpen om je heen zenden ir-straling uit. De hoeveelheid ir-straling die voorwerpen uitzenden kun je vastleggen op een warmtebeeld of thermogram.

BEGRIPPEN

fluoresceren
Stoffen laten oplichten door uv-straling.

infrarode straling
Onzichtbare soort straling die je in het spectrum naast rood licht vindt.

ioniserende straling
Straling die moleculen kapot kan maken.

mengkleur
Kleur licht die bestaat uit verschillende spectraalkleuren.

prisma
Doorzichtig driehoekig stuk glas of kunststof.

spectraalkleur
Zuivere kleur licht die je niet meer verder kunt splitsen.

spectroscoop
Instrument met daarin een prisma dat licht splitst in spectraalkleuren.

spectrum
Reeks kleuren die ontstaat als wit zonlicht wordt gesplitst.

thermogram
Afbeelding waarin je kunt zien hoeveel infrarode straling een voorwerp uitzendt. Ander woord voor warmtebeeld.

ultraviolette straling
Onzichtbare soort straling die je in het spectrum naast violet licht vindt.

5.3 BEELDEN MAKEN MET EEN LENS

ONTHOUD

- Een lens is een schijfje van glas of kunststof dat licht breekt.
- Positieve lenzen zijn in het midden dikker dan aan de rand. Lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas lopen en op een positieve lens vallen, buigen af naar het brandpunt van de lens. De lichtbundel vlak achter de lens is een convergente lichtbundel.
- Negatieve lenzen zijn in het midden dunner dan aan de rand. Lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas lopen en op een negatieve lens vallen, bewegen na de lens van elkaar af. Het lijkt of ze uit het brandpunt voor de lens komen. De lichtbundel die zo ontstaat is een divergente lichtbundel.
- Met een positieve lens kun je een reëel beeld vormen op een scherm. In beamers en in camera's worden positieve lenzen gebruikt.
- Je kunt een beeld construeren van een voorwerp doordat er twee regels gelden voor twee bijzondere lichtstralen:
  – Lichtstralen die op het midden van de lens vallen, bewegen langs een rechte lijn verder.
  – Lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas lopen, gaan na de lens door het brandpunt.
- Scherpstellen betekent een scherp beeld van een voorwerp op een scherm maken. Dit doe je door de beeldafstand en de voorwerpsafstand op elkaar af te stemmen.

BEGRIPPEN

beeldafstand
Afstand tussen het beeld en het midden van de lens.

beeldpunt
Plaats waar de lichtstralen uit één punt van een voorwerp na de lens weer bij elkaar komen.

brandglas
Positieve lens waarmee je zonlicht in één punt kunt concentreren.

brandpunt
Het punt waarin lichtstralen die voor de (positieve) lens evenwijdig aan de hoofdas lopen, na de lens weer samenkomen.

brandpuntsafstand
Afstand tussen het midden van de lens en het brandpunt.

constructiestralen
Twee lichtstralen die nodig zijn om een beeld van een voorwerp te construeren.

construeren
Bepalen met een nauwkeurige tekening.

convergente lichtbundel
Groep lichtstralen die steeds meer naar elkaar toe bewegen.

divergente lichtbundel
Groep lichtstralen die steeds meer bij elkaar vandaan bewegen.

evenwijdige lichtbundel
Groep lichtstralen op gelijke afstand van elkaar.

hoofdas
Lijn die door het midden van een lens gaat en die loodrecht op de lens staat.

lens
Schijfje van doorzichtig glas of kunststof met een holle of bolle vorm.

licht breken
Licht van richting doen veranderen.

negatieve lens
Lens die in het midden dunner is dan aan de rand.

positieve lens
Lens die in het midden dikker is dan aan de rand.

reëel beeld
Beeld dat je kunt afbeelden op een scherm.

voorwerpsafstand
Afstand tussen een voorwerp en het midden van de lens.

5.4 OOG EN BRIL

ONTHOUD

- Belangrijke onderdelen van het oog zijn: hoornvlies, pupil, iris, ooglens, glasachtig lichaam, netvlies en oogzenuw. Het netvlies bevat een groot aantal lichtgevoelige cellen. De opening in de iris is de pupil. De iris kan de grootte van de pupil regelen en zo de hoeveelheid licht die in je oog komt.
- Accommoderen is het boller of platter worden van de ooglens. De ooglens is bol als je naar een voorwerp dichtbij kijkt. De ooglens is plat als je naar een voorwerp ver weg kijkt.
- Bijziend: je ziet alleen scherp wat dichtbij is. Bij ver weg kijken wordt het beeld voor het netvlies afgebeeld. De ooglens is te bol. Een bril met negatieve lenzen of negatieve contactlenzen geeft een goed beeld op het netvlies.
- Verziend: je ziet alleen in de verte scherp. Bij dichtbij kijken wordt het beeld achter het netvlies afgebeeld. De ooglens is te plat. Een bril met positieve lenzen of positieve contactlenzen geeft een goed beeld op het netvlies.

BEGRIPPEN

accommoderen
Platter en boller maken van de ooglens.

bijziend
Oogafwijking waarbij iemand alleen voorwerpen dichtbij scherp kan zien.

glasachtig lichaam
Vulling in het midden van het oog.

hoornvlies
Buitenste gedeelte van de oogbol.

iris
Gekleurde deel van het oog dat de pupil groter of kleiner maakt.

netvlies
Vlies achter in je oog waarop binnenvallende lichtstralen een beeld vormen.

ooglens
Bolle lens aan de voorzijde van het oog.

pupil
Opening in de iris waardoor het licht je oog binnenkomt. De pupil regelt de hoeveelheid licht die in je oog binnen kan komen.

verziend
Oogafwijking waarbij iemand alleen voorwerpen veraf scherp kan zien.

Ga naar de *Flitskaarten*.

6 Warmte

WARMTETRANSPORT

Als het buiten koud is, wil je het binnen warm en comfortabel hebben. Een warme radiator zorgt voor de nodige verwarming in een kamer. De warmte van de radiator stroomt door de kamer en maakt die lekker warm.



INTRODUCTIE

THEORIE

PRACTICA

AFSLUITING



Wat weet je al over energie en temperatuur?

LEERDOELEN

1 Je kunt uitleggen wat de Celsiusschaal en het meetbereik van een thermometer zijn.
2 Je kunt de temperatuur van een vloeistof met een vloeistofthermometer meten.
3 Je kunt kenmerken van infrarode straling noemen.
4 Je kunt berekeningen uitvoeren met spanning, stroomsterkte en vermogen.
5 Je kunt het energieverbruik van elektrische apparaten berekenen in kWh.
6 Je kunt de temperatuur omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd.

In deel 1-2 van Nova nask en in deel 3A heb je al een aantal dingen over energie en temperatuur geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

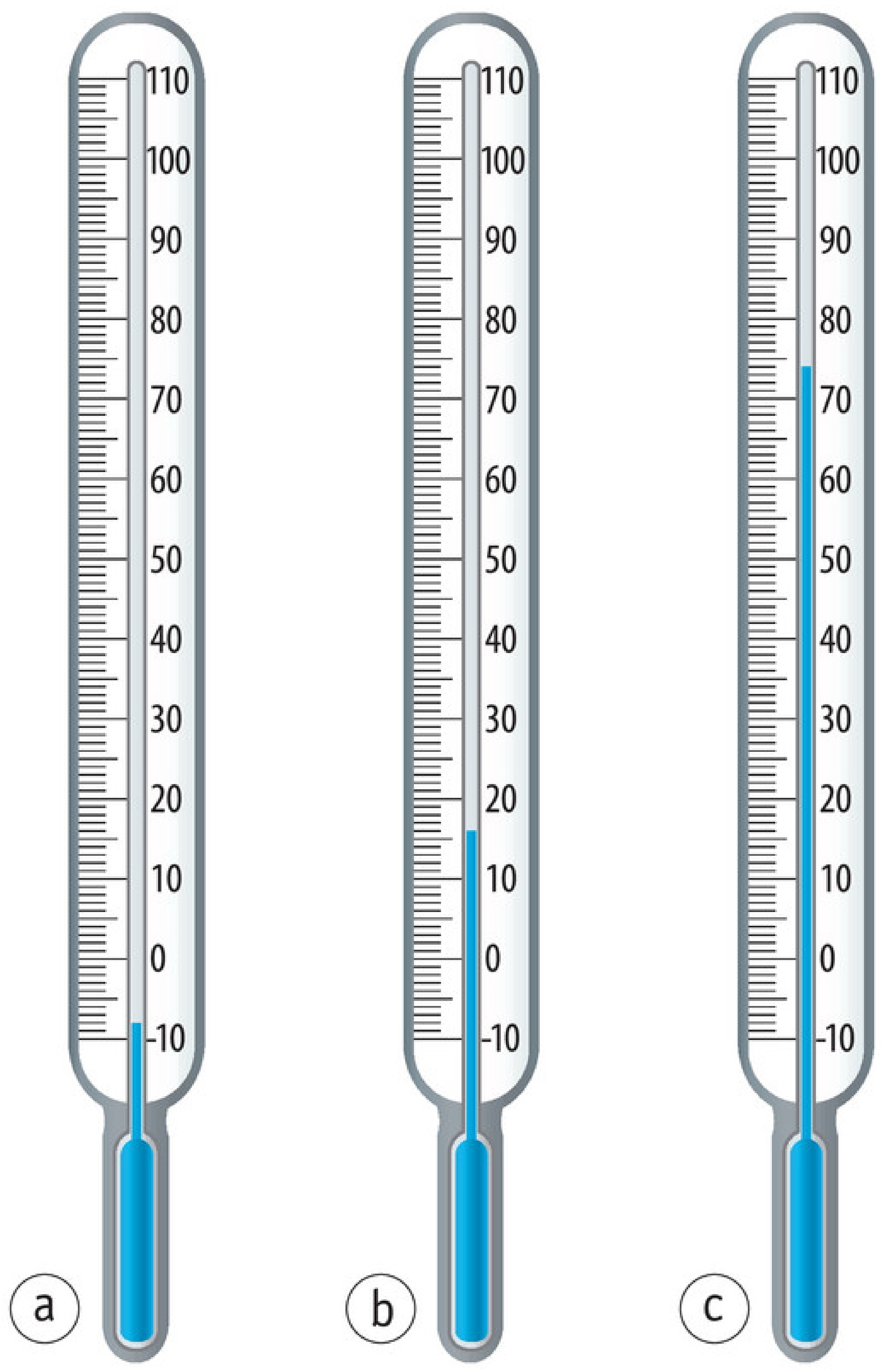
OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Een thermometer is voorzien van een schaalverdeling. De schaalverdeling in graden Celsius op een vloeistofthermometer maak je door de thermometer in smeltend ijs te steken.

Bij het vloeistofniveau in de stijgbuis schrijf je dan .... °C. Vervolgens steek je de thermometer in kokend water. Bij het vloeistofniveau in de stijgbuis schijf je .... °C.

2 Schrijf onder elke thermometer in figuur 1 hoe hoog de temperatuur in °C is.

figuur 1 Drie thermometers.



.... °C .... °C .... °C

3 Naast infrarode straling bestaat er ook ultraviolette straling.

a Warmtelampen zenden voornamelijk *infrarode* / *ultraviolette* straling uit.

b Infrarode en ultraviolette straling zijn *zichtbaar* / *onzichtbaar* voor mensen.

4 Een elektrische kachel is aangesloten op een stopcontact. Over het stopcontact staat een spanning van 230 V. Als de kachel aanstaat, gaat er een stroom van 9,0 A door de kachel heen.

a Laat met een berekening zien dat het vermogen van de kachel 2,07 kW is.
Gebruik de formule $P = U \cdot I$.

....

....

....

....

....

....

b De elektrische kachel staat 2,5 uur aan.
Bereken de elektrische energie die de kachel in die tijd heeft verbruikt in kWh.
Gebruik de formule $E = P \cdot t$ en rond je antwoord af op twee decimalen.

....

....

....

....

....

....

5 Vul in.

0 °C = ... K

100 °C = ... K

900 °C = ... K

0 K = ... °C

200 K = ... °C

300 K = ... °C

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Warmte en temperatuur

LEERDOELEN

6.1.1 Je kunt elektrische warmtebronnen herkennen.
6.1.2 Je kunt het energie-stroomdiagram van een elektrische warmtebron tekenen.
6.1.3 Je kunt berekenen hoeveel warmte een elektrische warmtebron in een bepaalde tijd levert.
6.1.4 Je kunt het verband tussen temperatuur en tijd meten en weergeven in een diagram.
6.1.5 Je kunt het verband tussen temperatuur en warmte bepalen en weergeven in een diagram.
EXTRA 6.1.6 Je kunt toelichten wat wordt bedoeld met 'de energiewaarde van voedsel'.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	6.1.1	6.1.2	6.1.3	6.1.4	6.1.5	6.1.6	1.3.2*
Onthouden		3a, 4	1, 3bc	11c	5	12a	
Begrijpen	2	6abc	8a	9b, 10ab		13b	
Toepassen			7, 8b	9a, 11bd	11e	13ac	11a
Analyseren				9cd		12bc	

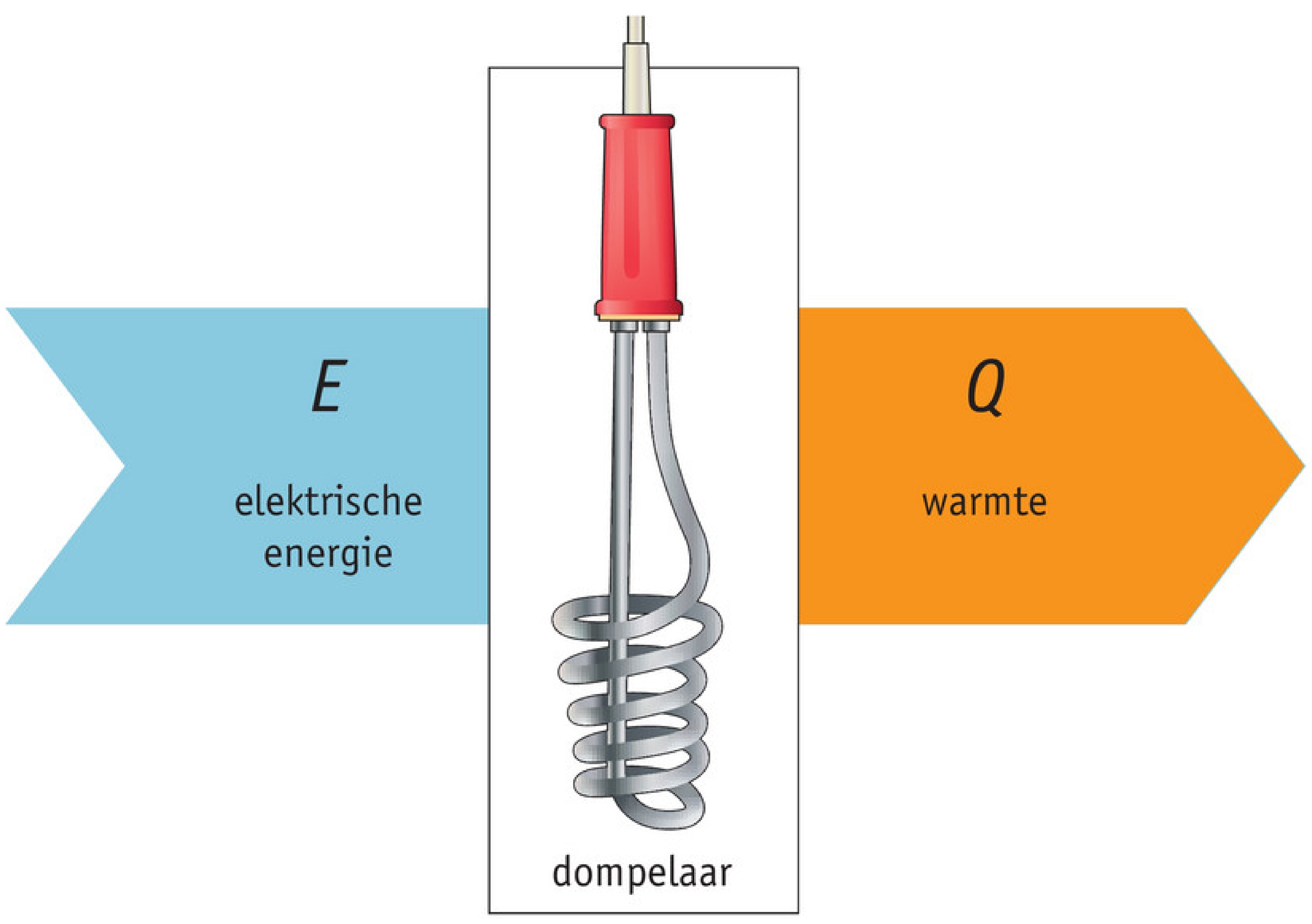
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Bij een webwinkel zijn verschillende waterkokers te koop. Ze hebben allemaal een behoorlijk hoog vermogen, van 1500 tot 2500 W. Waarom zou dat vermogen zo hoog zijn?

ENERGIE OMZETTEN

Als je in huis rondkijkt, kom je daar verschillende **warmtebronnen** tegen. Een cv-ketel of warmtepomp levert de warmte waarmee het huis wordt verwarmd. Andere warmtebronnen zijn een kookplaat, een oven, een waterkoker, een soldeerapparaat, een föhn en een wasdroger. Bij proeven op school gebruik je een gasbrander of een dompelaar als warmtebron.

Een dompelaar is een elektrische warmtebron. Als je hem aanzet, gaat er een elektrische stroom lopen. De stroom zorgt ervoor dat de verwarmingsspiraal heet wordt. Daarbij wordt **elektrische energie** omgezet in **warmte**. Deze **energieomzetting** kun je weergeven in een **energie-stroomdiagram** (figuur 1). De pijl links stelt de energie voor die de warmtebron opneemt (verbruikt). De pijl rechts stelt de energie voor die de warmtebron afstaat (levert).



figuur 1 Het energie-stroomdiagram van een dompelaar.

Bij de energieomzetting in de dompelaar ontstaat er evenveel warmte als er elektrische energie verdwijnt. Daarom is de pijl links in figuur 1 even hoog als de pijl rechts. Alle elektrische energie (symbool *E*) die de dompelaar verbruikt, wordt omgezet in warmte (symbool *Q*). Anders gezegd: *Q* is gelijk aan *E*. Voor alle elektrische warmtebronnen geldt: $Q = E$

ENERGIE METEN IN JOULE

Zoals je in hoofdstuk 1 hebt geleerd, kun je het energieverbruik van een elektrische warmtebron bereken met de formule $E = P \cdot t$. Omdat de hoeveelheid geleverde warmte *Q* even groot is, kun je schrijven:

$$Q = E = P \cdot t$$

In deze formule is:

- *Q* de hoeveelheid geleverde warmte in joule (J);
- *E* de hoeveelheid elektrische energie in joule (J);
- *P* het vermogen van het apparaat in watt (W);
- *t* de tijd dat het apparaat aanstaat in seconden (s).

Je ziet dat de eenheid van energieverbruik nu joule (J) is. Tot nu toe heb je het energieverbruik altijd berekend in de eenheid kWh. Dat is praktisch, want zo doet het energiebedrijf dat ook. Maar verder wordt de eenheid kWh weinig gebruikt. De officiële eenheid van energie is de joule (J). Dat is de eenheid die over de hele wereld wordt gebruikt voor het meten van allerlei soorten energie.

Met 1 joule elektrische energie kun je niet zo veel. Een apparaat van 1 watt kan er maar 1 seconde op werken. De apparaten die je in het dagelijks leven gebruikt, hebben een veel hoger energieverbruik. Om water voor een kop thee aan de kook te brengen, heb je ongeveer 60 000 joule nodig. In de praktijk werk je daarom vaak met kilojoules (kJ) of megajoules (MJ).

VOORBEELDOPDRACHT 1

De waterkoker (2400 W) in figuur 2 doet er 25 s over om 175 mL water aan de kook te brengen. Je hebt dan genoeg heet water voor één kop thee.
Bereken hoeveel warmte de waterkoker in die 25 s heeft geleverd.

gegevens $P = 2400$ W
$t = 25$ s

gevraagd $Q = ?$

uitwerking $Q = E = P \cdot t$
$Q = 2400 \times 25$
$Q = 60\,000$ J $= 60$ kJ

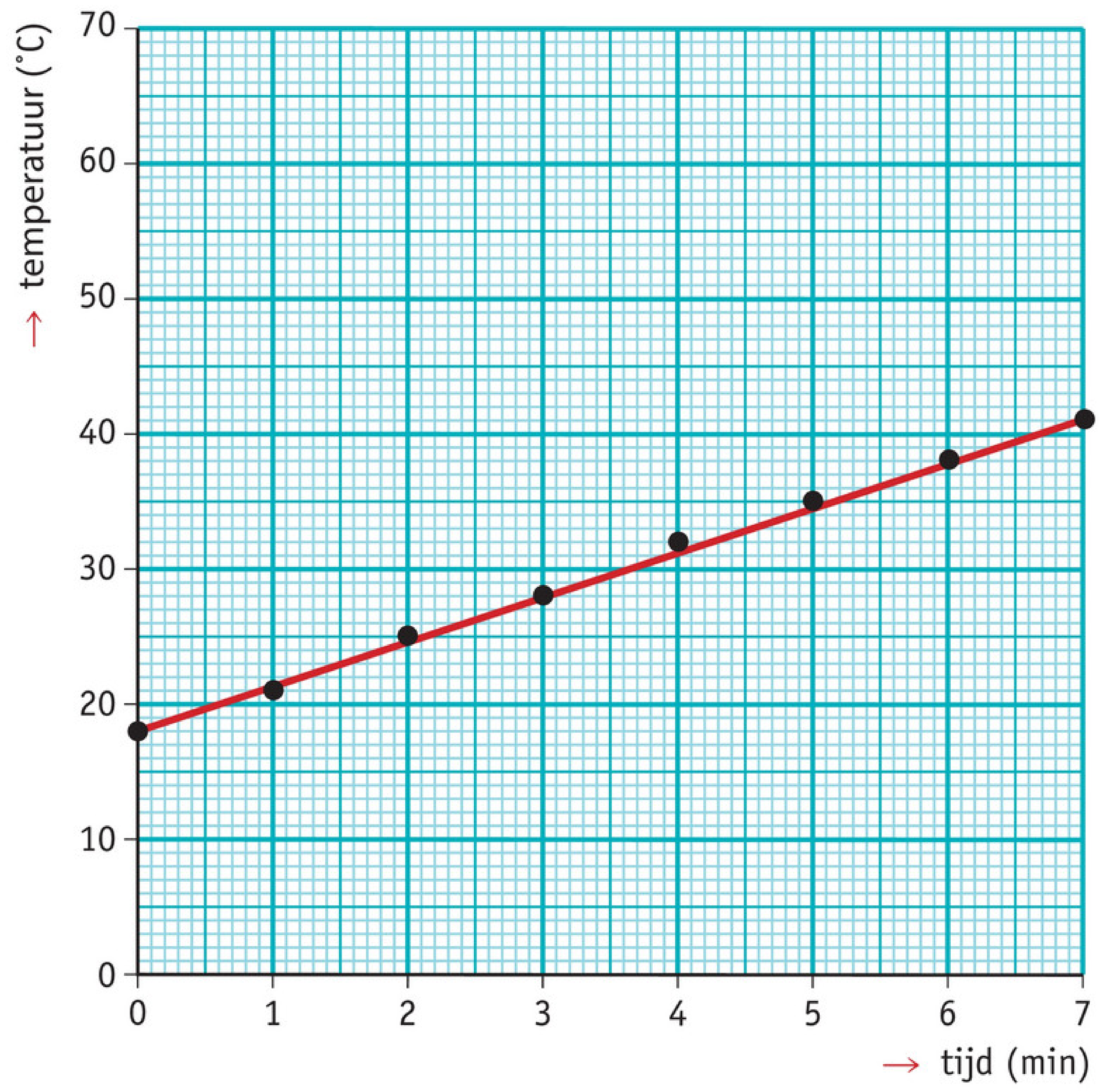


figuur 2 Voor het zetten van een kop thee is circa 60 kJ warmte nodig.

TEMPERATUUR, TIJD EN WARMTE

PROEF 1+2

Met een dompelaar kun je proeven doen met warmte. Als je water verwarmt in een bekerglas, zal de temperatuur van het water stijgen. Met een horloge en een thermometer kun je het verband bepalen tussen de temperatuur en de tijd. Je moet dan met regelmatige tussenpozen (bijvoorbeeld om de minuut) de temperatuur aflezen en opschrijven. Na afloop kun je de meetresultaten weergeven in een **temperatuur-tijddiagram** (figuur 3).



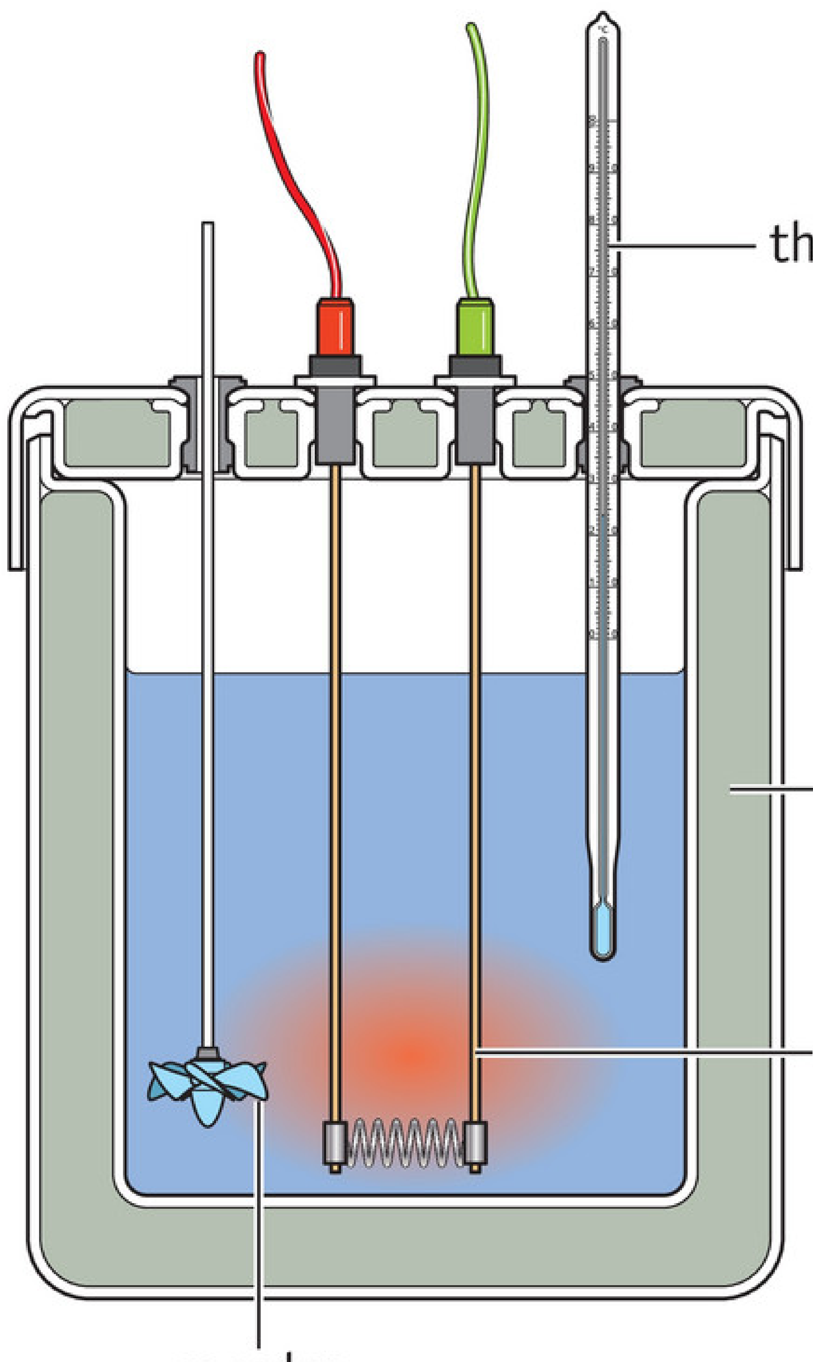
figuur 3 Een temperatuur-tijddiagram.

Als je een kleine hoeveelheid water verwarmt, is er maar weinig warmte nodig om het water aan de kook te brengen. De grafiek loopt in dat geval steil omhoog. Als je een grote hoeveelheid water verwarmt, is er veel warmte nodig. De grafiek stijgt in dat geval minder snel. Daaraan zie je dat warmte en temperatuur twee verschillende grootheden zijn.

PROEVEN MET EEN WARMTEMETER

PROEF 3

Om nauwkeurige proeven met warmte te doen, kun je een **warmtemeter** gebruiken (figuur 4). Een warmtemeter is een goed geïsoleerd bakje van metaal of plastic. Het heeft een deksel met openingen voor een thermometer en een roerder. Je kunt de vloeistof in het bakje verwarmen met een dompelaar. Door de dikke isolatielaag kan er bijna geen warmte naar buiten verdwijnen.



figuur 4 Een warmtemeter in doorsnede.

Met een warmtemeter kun je nauwkeurig het verband bepalen tussen de temperatuur en de hoeveelheid toegevoerde warmte. Je meet dan de temperatuur met regelmatige tussenpozen, bijvoorbeeld elke minuut. Na afloop van de proef bereken je de hoeveelheid toegevoerde warmte na één minuut, twee minuten, drie minuten, enzovoort.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Ivar verwarmt 100 mL water in een warmtemeter met een dompelaar van 20 W. In tabel 1 zie je zijn meetgegevens.
Bereken de hoeveelheid toegevoerde warmte op punt 0 en na 1, 2, 3 minuten, enzovoort.

gegevens P = 20 W
t = 0 s, 60 s, 120 s, 180 s, ...

gevraagd Q = ? op punt 0 en na 1, 2, 3, ... min

uitwerking op punt 0: $Q = E = P \cdot t = 20 \times 0 = 0$ J = 0 kJ
na 1 min: $Q = E = P \cdot t = 20 \times 60 = 1200$ J = 1,2 kJ
na 2 min: $Q = E = P \cdot t = 20 \times 120 = 2400$ J = 2,4 kJ
na 3 min: $Q = E = P \cdot t = 20 \times 180 = 3600$ J = 3,6 kJ
enzovoort

tabel 1 De gegevens van Ivar.

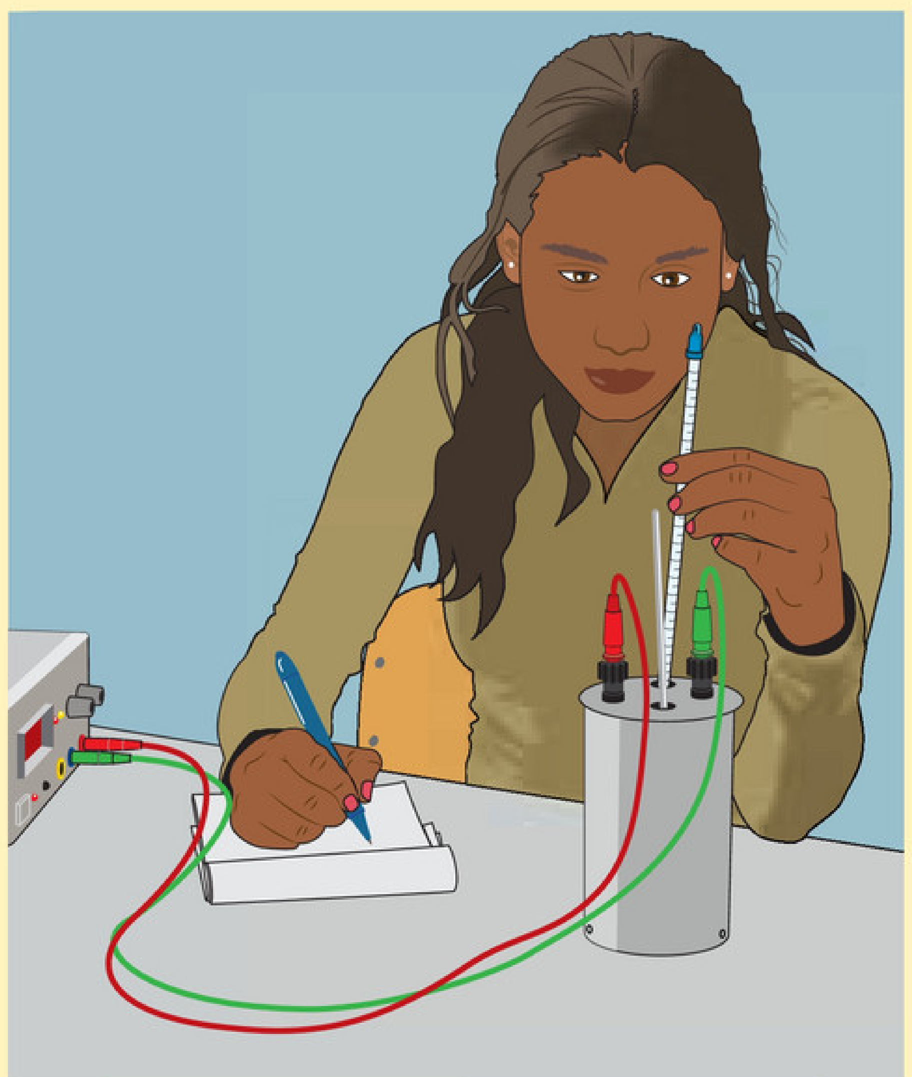
tijd (min)	temperatuur (°C)	toegevoerde warmte (kJ)
0	18	0
1	21	1,2
2	25	2,4
3	28	3,6
4	32	4,8
5	35	6,0
6	38	7,2
7	41	8,4

Je kunt de uitkomsten weergeven in een **temperatuur-warmtediagram**. Met dit soort diagrammen kun je allerlei onderzoeksvragen beantwoorden. Bijvoorbeeld:

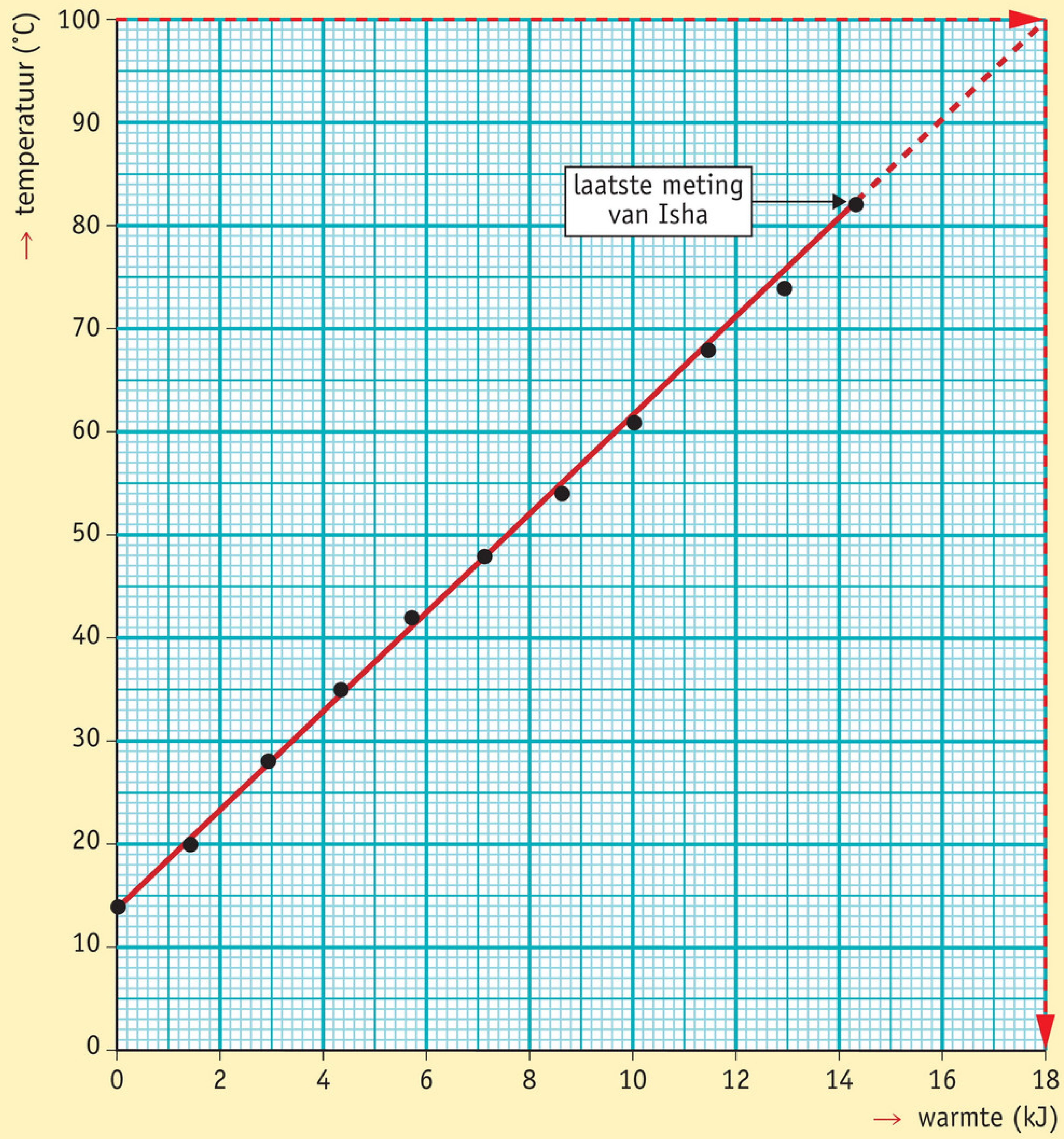
- Is het verband tussen de toegevoerde warmte en de temperatuur lineair?
- Hoeveel warmte is nodig om 50 mL water aan de kook te brengen?
- Stijgt de temperatuur van andere vloeistoffen op dezelfde manier als bij water?

VOORBEELDOPDRACHT 3

Isha heeft 50 mL water verwarmd met een warmtemeter (figuur 5). In figuur 6 zie je het temperatuur-warmtediagram van deze proef.
Hoeveel warmte is ervoor nodig om 50 mL water van 14 °C aan de kook te brengen?



figuur 5 Isha verzamelt gegevens voor een temperatuur-warmtediagram.



figuur 6 Het temperatuur-warmtediagram van de proef van Isha.

Het water begint te koken als de temperatuur 100 °C is. Als je de grafiek doortrekt, kun je aflezen dat bij 100 °C (op de verticale as) 18 kJ (op de horizontale as) hoort. Er is dus 18 kJ warmte nodig.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA ENERGIE IN VOEDSEL

Als je gezond bent, is je lichaamstemperatuur ongeveer 37 °C. Om op die temperatuur te blijven, moet je lichaam voortdurend warmte produceren. Dat doet het door energie uit je voedsel om te zetten in warmte. Je lichaam heeft daarnaast ook energie nodig om te kunnen bewegen: je spieren hebben energie uit je voedsel nodig om zich samen te trekken.

Op de meeste levensmiddelen wordt de energiewaarde aangegeven. Op het etiket staat dan hoeveel energie 100 gram van het voedsel kan leveren. De energiewaarde wordt meestal vermeld in kilojoule (kJ) per 100 gram. In figuur 7 zie je dat 100 gram pindakaas 2700 kJ levert. Dat is 2,7 miljoen joule.

De calorie (cal) is een oude eenheid van warmte die in Nederland in 1978 is afgeschaft. De joule werd toen de officiële eenheid van energie en dus ook van warmte. Toch zijn er nog steeds mensen die liever met calorieën werken. Daarom kom je ook deze eenheid nog tegen. Er geldt:
1 calorie = 4,2 joule (1 cal = 4,2 J)
1 kilocalorie = 4,2 kilojoule (1 kcal = 4,2 kJ)



VOEDINGSWAARDE:	Per 100 g	Per 2 boterhammen (30g)
ENERGIE:	2700 kJ (645 kcal)	810 kJ (194 kcal)
EIWITTEN:	24 g	7 g
KOOLHYDRATEN:	15 g	5 g
waarvan suikers:	7 g	2 g
VET:	55 g	17 g
waarvan verzadigd:	10 g	3 g
enkelvoudig onverzadigd:	19 g	6 g
meervoudig onverzadigd:	26 g	8 g
VOEDINGSVEZEL:	6 g	2 g
NATRIUM:	0,26 g	0,08 g
IJZER:	2,9 mg	0,9 mg (6% ADH)
VITAMINE B1:	0,30 mg	0,09 mg (6% ADH)
VITAMINE B3:	16 mg	4,8 mg (27% ADH)
VITAMINE B6:	0,45 mg	0,14 mg (7% ADH)
VITAMINE E:	18,2 mg	5,5 mg (55% ADH)

% ADH = % van de Aanbevolen Dagelijkse Hoeveelheid

figuur 7 Op het etiket staat informatie over de energiewaarde.

LEERSTOF

1 Wat is de officiële eenheid van warmte?
- ○ A graden Celsius
- ○ B joule
- ○ C kilowattuur
- ○ D watt

2 Schrijf vier warmtebronnen op die elektrische energie omzetten in warmte.

....

....

3 Vul in.

a Een elektrische warmtebron zet .... om in

....

b Je kunt de geleverde hoeveelheid warmte berekenen met de formule:

....

c Als je in deze formule *P* invult in .... en *t* in ...., dan vind je *Q* in joule.

4 Voor een dompelaar geldt *Q* = *E*.
Wat betekent dit?

....

....

....

5 Als je een kleine hoeveelheid water verwarmt, is er maar weinig .... nodig om het water aan de kook te brengen. De grafiek loopt in dat geval steil ....
Als je een grote hoeveelheid water verwarmt, is er .... warmte nodig.
De grafiek stijgt in dat geval .... snel. Daaraan zie je dat warmte en temperatuur twee verschillende .... zijn.

TOEPASSING

6 In figuur 8 is een begin gemaakt met het energie-stroomdiagram van een waterkoker.

a Maak het diagram af door de ontbrekende pijl in te tekenen.

b Schrijf in elke pijl om welke soort energie het gaat.

c Zet bij elke soort energie het bijbehorende symbool.



figuur 8 Het energie-stroomdiagram van een waterkoker.

7 Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
Een elektrische frituurpan van 2400 W doet er 7,5 minuut over om de frituurolie te verhitten tot 180 °C.
Bereken hoeveel warmte de frituurpan in die tijd heeft geleverd (in kJ).

....

....

....

....

....

....

8 Zie de vaardigheid *Werken met Binas*.
Gebruik *BINAS* tabel 12 *Elektriciteit*.
Een elektrische kachel staat 10 minuten aan. De kachel is aangesloten op het lichtnet.
Tijdens het verwarmen loopt er een stroom van 5 A door de kachel.

a Met welke formules kun je uitrekenen hoeveel warmte deze kachel levert?

....

....

b Bereken hoeveel warmte deze kachel heeft geleverd.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

9 Zie de vaardigheid *Verbanden meten*.

Tjitske wil onderzoeken hoe de temperatuur van olijfolie stijgt als je de olie verwarmt. Ze doet 200 g olijfolie in een warmtemeter. Daarna verwarmt ze de olie 10 minuten lang met een verwarmingselement van 15 W. In tabel 2 zie je haar meetresultaten.

tabel 2 Tjitskes meetresultaten.

tijd (min)	temperatuur (°C)
0	15
1	18
2	20
3	22
4	24
5	27
6	30
7	33
8	35
9	37
10	40

a Teken in figuur 9 het temperatuur-tijddiagram van haar proef.

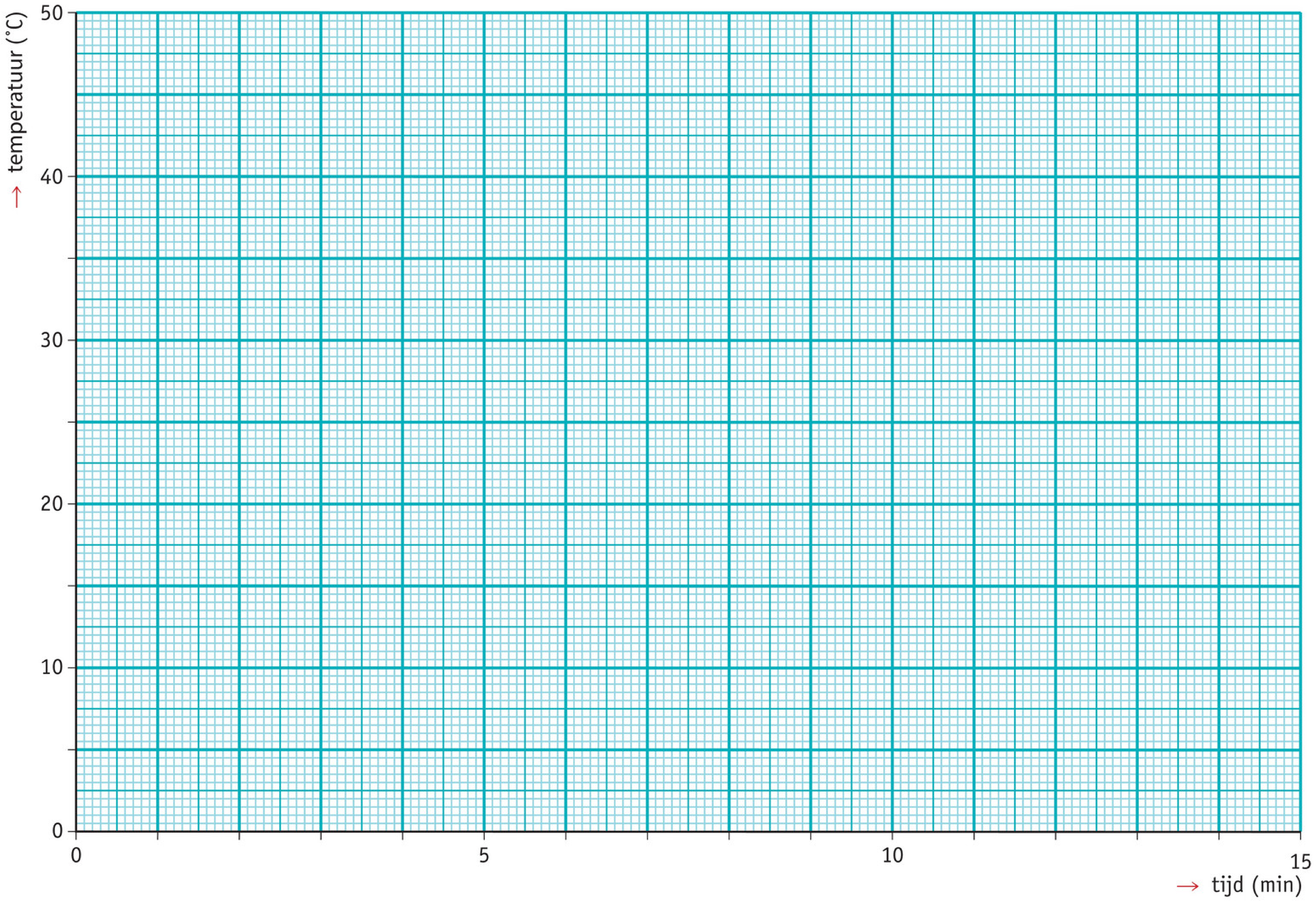
b Welk verband bestaat er tussen de temperatuur en de tijd?

○ A evenredig
○ B lineair
○ C omgekeerd evenredig

c Hoelang moet Tjitske de olie verwarmen om de temperatuur te laten stijgen tot 50 °C?

....

d Tjitske voert dezelfde proef nog eens uit, maar nu met een verwarmingselement van 45 W.
De temperatuur zal nu *even snel* / *langzamer* / *sneller* stijgen.



figuur 9 De grafiek van de proef van Tjitske.

Meer oefening nodig met het herkennen van verbanden?
Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 1 Warmte en temperatuur.

10 Sia's waterkoker doet er 1,5 minuut over om 0,5 L kraanwater aan de kook te brengen. Hoelang duurt het voordat het water kookt als Sia de waterkoker vult:

a met 250 mL kraanwater?

....

....

b met 1 L kraanwater?

....

....

11 Ladan verwarmt water in een warmtemeter (figuur 10). Ze sluit de dompelaar aan op een spanning van 12 V. De stroomsterkte door de dompelaar is dan 2,0 A. Ondertussen meet ze om de 2 minuten de temperatuur van het water en schrijft die op (zie tabel 3 op de volgende bladzijde). Na 10 minuten schakelt Ladan de stroom weer uit.

a Bereken het vermogen van de dompelaar.

....

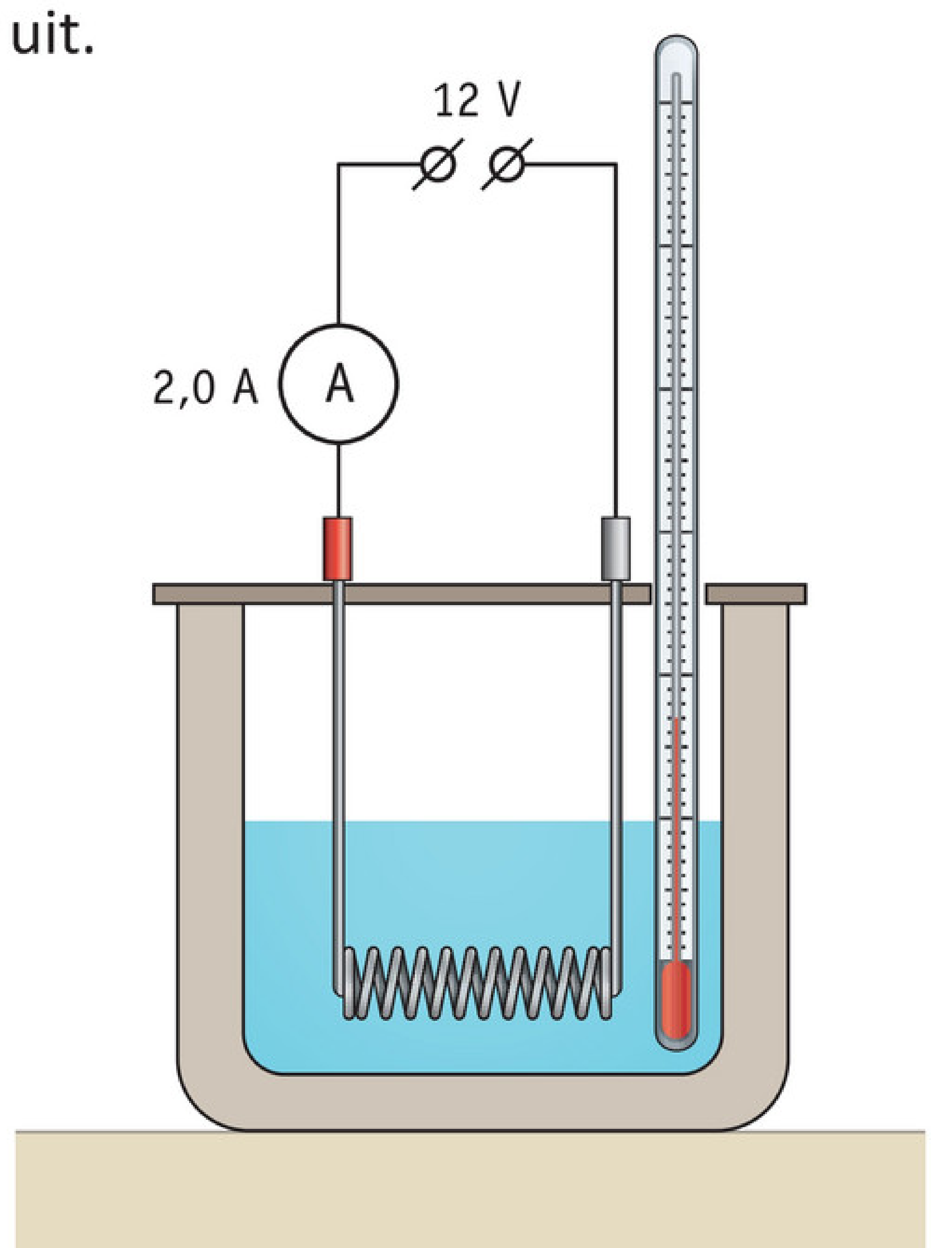
....

....

....

....

....



figuur 10 De proefopstelling van Ladan.

b Bereken hoeveel warmte de dompelaar levert in 2 minuten.

....

....

....

....

....

....

c Klopt de uitkomst met Ladans meetresultaat in tabel 3? Zo nee, spoor dan eerst de fout in de berekening op voor je verdergaat.

....

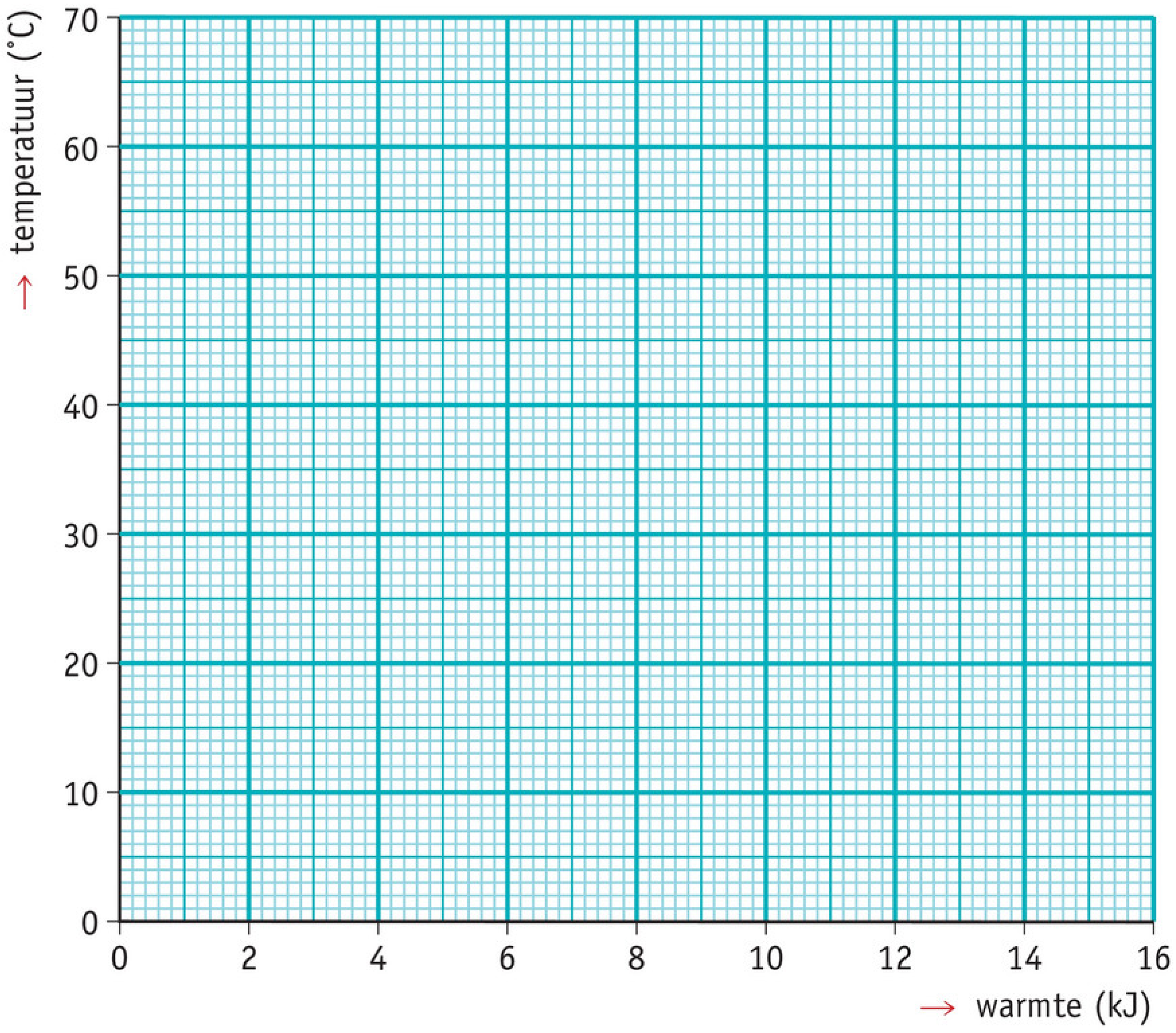
....

d Bereken hoeveel warmte de dompelaar levert in 4, 6, 8 en 10 minuten.
Noteer de uitkomsten in tabel 3. Rond af op één cijfer achter de komma.

e Teken in figuur 11 een temperatuur-warmtediagram van Ladans proef.

tabel 3 Ladans meetresultaten.

tijd (min)	warmte (kJ)	temperatuur (°C)
0	0	16
2	2,9	23
4		30
6		36
8		43
10		50



figuur 11 De grafiek van de proef van Ladan.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA ENERGIE IN VOEDSEL

12 Je lichaam kan niet zonder de energie in je voedsel.

a Schrijf twee factoren op die bepalen hoe groot je energiebehoefte op een dag is.

....

....

b Wat gebeurt er als je meer energie binnenkrijgt dan je nodig hebt?

○ A Dan slaat je lichaam die energie op in de vorm van vet.
○ B Dan wil je lichaam die energie kwijt en ga je overgeven.
○ C Dan zal je lichaam die energie omzetten in warmte en stijgt je lichaamstemperatuur.

c Waarom heeft je lichaam ook energie nodig als je de hele dag in bed ligt?

....

....

....

13 In figuur 12 zie je wat er allemaal in de broodtrommel van Tessa zit.

a Bereken de totale energiewaarde van Tessa's lunch (in kJ). Zie tabel 4 voor de energiewaarde van een aantal voedingsmiddelen.

....

....

....

....

....

....

....

....



figuur 12 De lunch van Tessa.

tabel 4 De energiewaarde van een aantal voedingsmiddelen.

voedingsmiddel	energiewaarde per 100 g (in MJ)	voedingsmiddel	energiewaarde per 100 g (in MJ)
aardappels	0,36	komkommer	0,025
appels	0,17	leverworst	1,2
bananen	0,39	margarine	3,1
bloemkool	0,96	melk (volle)	0,25
bruinbrood	1,2	pinda's	2,5
chips	2,3	rijst	1,4
eieren	0,63	sperziebonen	0,12
fritessaus	1,5	spinazie	0,054
ham	1,0	spruitjes	0,17
kaas	1,5	suiker	1,7

b Reken het antwoord dat je bij a hebt berekend om naar kcal.

energie (kJ)	4,2		
energie (kcal)	1		

De totale energiewaarde van Tessa's lunch is .... kcal.

c Tessa heeft elke dag ongeveer 2300 kcal energie nodig.
Hoeveel procent van Tessa's energiebehoefte wordt door deze lunch geleverd?

....

....

....

....

....

....

2 Brandstoffen verbranden

LEERDOELEN

6.2.1 Je kunt voorbeelden noemen van warmtebronnen die chemische energie verbruiken.
6.2.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met de verbrandingswarmte van een brandstof.
6.2.3 Je kunt een reactieschema opstellen voor de volledige verbranding van aardgas.
6.2.4 Je kunt uitleggen waarom je bij gastoestellen voor voldoende luchttoevoer moet zorgen.
6.2.5 Je kunt beschrijven hoe je op een gasbrander de gewenste vlam kunt instellen.
6.2.6 Je kunt de temperatuur omrekenen van graden Celsius (°C) naar kelvin (K), en omgekeerd.
EXTRA 6.2.7 Je kunt uitleggen hoe aardgas wordt gewonnen, bewerkt en over het land verdeeld.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	6.2.1	6.2.2	6.2.3	6.2.4	6.2.5	6.2.6	6.2.7
Onthouden		6a, 10a	6b	3, 4, 5, 11abcd	7ab		
Begrijpen	8	1, 2		11e		12ab	13ab, 14a
Toepassen		9, 10bcd					14bc
Analyseren							14d

Als je een douche neemt, gebruik je een flinke hoeveelheid warm water. Hoeveel aardgas zou er nodig zijn om het water voor één douchebeurt van vijf minuten te verwarmen?

VERBRANDINGSWARMTE

Brandstoffen leveren warmte. Daarmee kun je huizen verwarmen, water warm maken en eten koken. Er zijn verschillende soorten brandstoffen: vaste brandstoffen zoals hout (figuur 1), vloeibare brandstoffen zoals stookolie en gasvormige brandstoffen zoals aardgas. Voor de meeste huishoudens in Nederland is aardgas een belangrijke brandstof. De overheid wil het verbruik van aardgas sterk terugdringen, maar dat zal nog jaren duren.



figuur 1 Hout is vooral op het platteland een veelgebruikte brandstof.

Een brandstof bevat **chemische energie**. Die energie kun je omzetten in warmte door de brandstof te verbranden. Dat is een chemische reactie die bijvoorbeeld in een cv-ketel plaatsvindt. Er verdwijnt chemische energie doordat het aardgas wordt verbrand. In ruil daarvoor krijg je een even grote hoeveelheid warmte terug. Andere voorbeelden van warmtebronnen waarin chemische energie wordt omgezet zijn een kachel, een gasfornuis en een gasbrander.

Elke brandstof heeft zijn eigen **verbrandingswarmte**. Dat is de hoeveelheid warmte die een bepaalde hoeveelheid brandstof kan leveren. De verbrandingswarmte van aardgas is bijvoorbeeld 32 MJ/m^3. Dat betekent dat er 32 miljoen joule warmte vrijkomt als je 1 kubieke meter aardgas verbrandt. In tabel 1 kun je de verbrandingswarmte van een aantal brandstoffen opzoeken.

Voor de verbrandingswarmte worden verschillende eenheden gebruikt. De verbrandingswarmte van vaste brandstoffen meet je in megajoule per kg (MJ/kg), die van vloeistoffen in megajoule per liter (MJ/L) en die van gassen in megajoule per kubieke meter (MJ/m^3). Dat is een praktische keuze. Voor vaste stoffen is de massa bijvoorbeeld gemakkelijker betrouwbaar te meten dan het volume.

tabel 1 De verbrandingswarmte van enkele brandstoffen.

soort brandstof	verbrandingswarmte
hout	16 MJ/kg
steenkool	29 MJ/kg
benzine	33 MJ/L
spiritus	18 MJ/L
stookolie	40 MJ/L
aardgas*	32 MJ/m^3
methaan*	36 MJ/m^3
propaan*	94 MJ/m^3
butaan*	121 MJ/m^3

** bij een temperatuur van 0 °C en een druk van 100 kPa*

VOORBEELDOPDRACHT 1

Uit proeven blijkt dat er voor vijf minuten douchen met een waterbesparende douchekop 3 MJ warmte nodig is.
Hoeveel m^3 aardgas moet daarvoor worden verbrand?

De verbrandingswarmte van aardgas is 32 MJ/m^3.

Als je de gegevens invult in een verhoudingstabel, dan krijg je:

warmte (MJ)	32	1	3
volume (m^3)	1	...	...

Je ziet:

- Eerst moet je delen door 32.
- Daarna moet je vermenigvuldigen met 3.

: 32 × 3

warmte (MJ)	32	1	3
volume (m^3)	1	0,03125	0,0937

: 32 × 3

Je hebt dus voor één douchebeurt (afgerond) 0,09 m^3 (= 90 L) aardgas nodig.

AARDGAS VERBRANDEN

Aardgas is een mengsel van verschillende gassen. De belangrijkste bestanddelen zijn methaan (ongeveer 80%) en stikstof (ongeveer 14%). Methaan en stikstof zijn kleurloze en reukloze gassen. Daarom wordt aan aardgas een beetje geurstof toegevoegd. Zo ruik je meteen dat er aardgas door een gaslek ontsnapt.

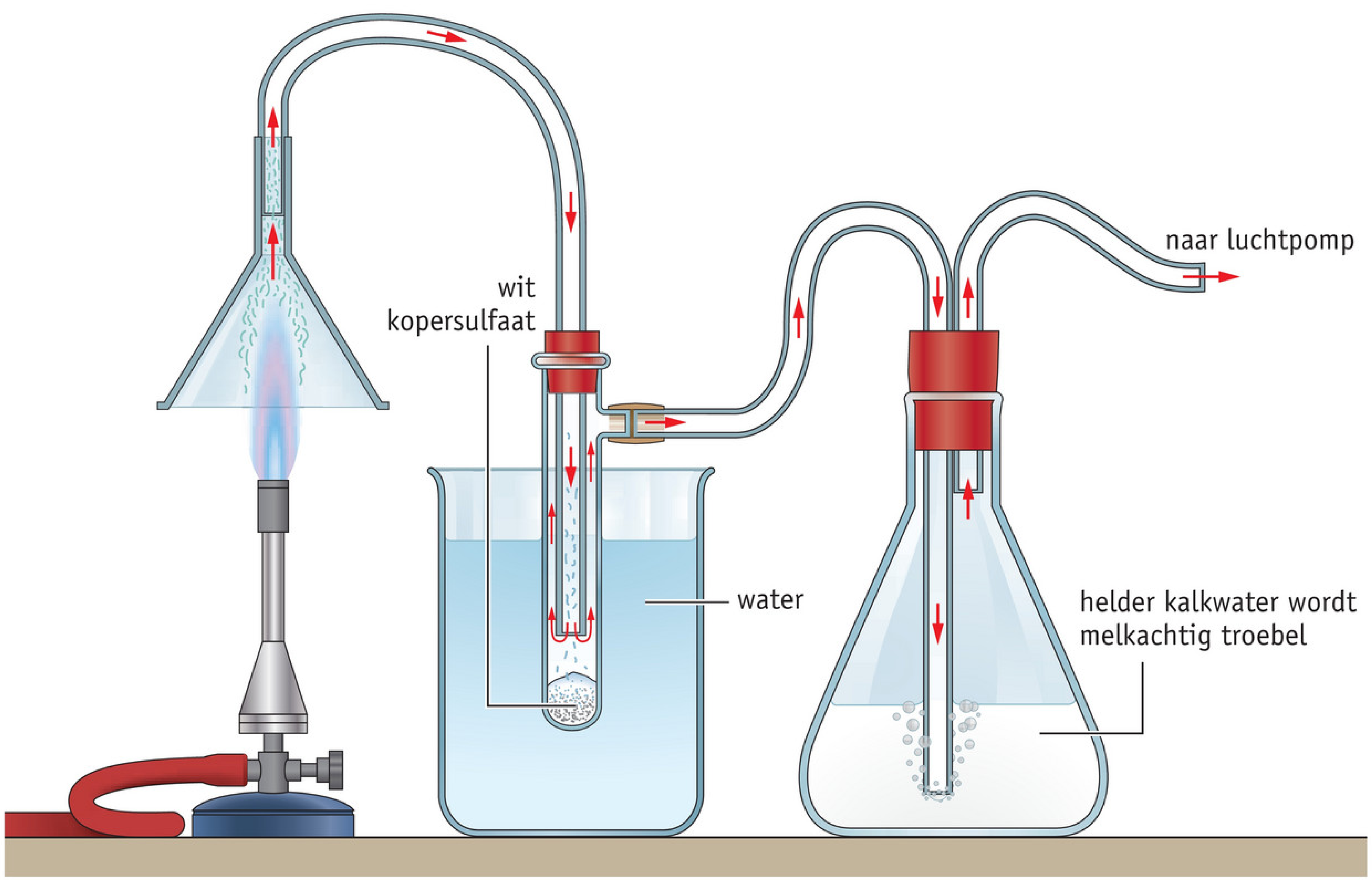
Als je aardgas mengt met lucht en aansteekt, verbrandt het methaan in het aardgas (figuur 2). De stikstof reageert niet. Als de hoeveelheid lucht groot genoeg is, verbrandt het methaan volledig. Daarbij ontstaan koolstofdioxide en waterdamp. Het reactieschema is:

methaan + zuurstof → koolstofdioxide + water



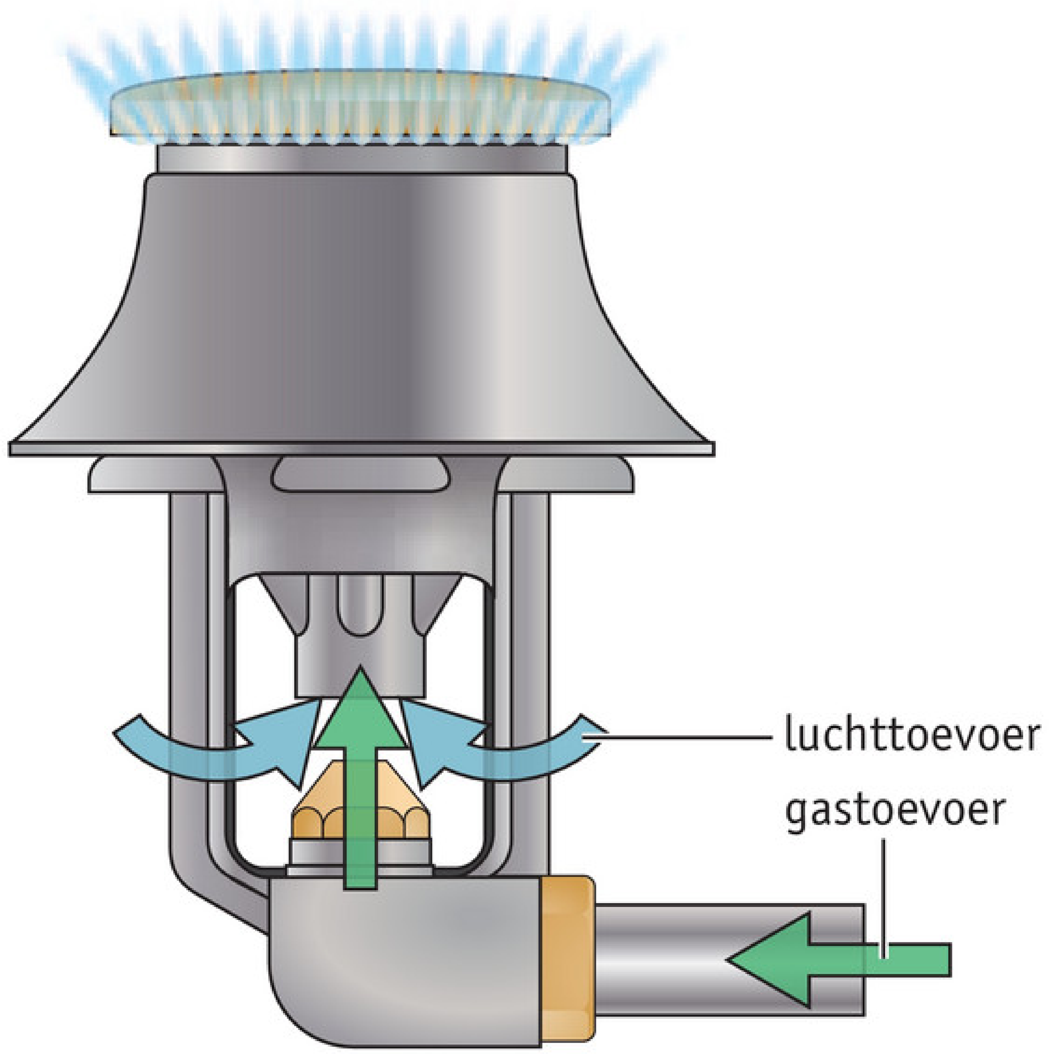
figuur 2 Zo reageren methaan en zuurstof met elkaar.

Waterdamp en koolstofdioxide zie en ruik je niet. Je kunt deze gassen aantonen met behulp van wit kopersulfaat en kalkwater. Wit kopersulfaat kleurt blauw als het in contact komt met waterdamp.
Kalkwater ziet eruit als gewoon water, maar het wordt troebel als je er koolstofdioxidegas doorheen leidt (figuur 3).



figuur 3 Zo kun je koolstofdioxide en water aantonen.

Het is belangrijk dat cv-ketels en gasfornuizen genoeg lucht krijgen aangevoerd (figuur 4). Anders is er niet genoeg zuurstof om het methaan volledig te verbranden. Er kan dan **koolstofmono-oxide** ontstaan: een reukloos, kleurloos en zeer giftig gas. Een verstopte luchttoevoer is dan ook levensgevaarlijk: ieder jaar komen er mensen om het leven door vergiftiging met koolstofmono-oxide.



figuur 4 De luchttoevoer van een pit van een gasfornuis mag niet verstopt zitten.

DE GASBRANDER

De gasbrander die je op school gebruikt, heeft ook aardgas als brandstof. Met de gasregelknop regel je de hoeveelheid aardgas. Met de luchtregelring regel je de hoeveelheid toegevoerde lucht. In de schoorsteen worden beide gassen met elkaar gemengd.

Als de luchtregelring openstaat, verbrandt het aardgas volledig tot koolstofdioxide en water. De vlam is dan erg heet en nauwelijks te zien. Als je de luchtregelring helemaal dichtdraait, wordt de vlam geel en minder heet. Er is dan te weinig zuurstof aanwezig voor volledige verbranding.

Bij onvolledige verbranding ontstaat onder andere roet. De gele kleur wordt veroorzaakt door roetdeeltjes die gloeien door de hoge temperatuur in de vlam (figuur 5). Als je een reageerbuis met koud water in de gele vlam houdt, wordt hij zwart. De roetdeeltjes in de vlam vormen dan een zwarte aanslag op de reageerbuis.



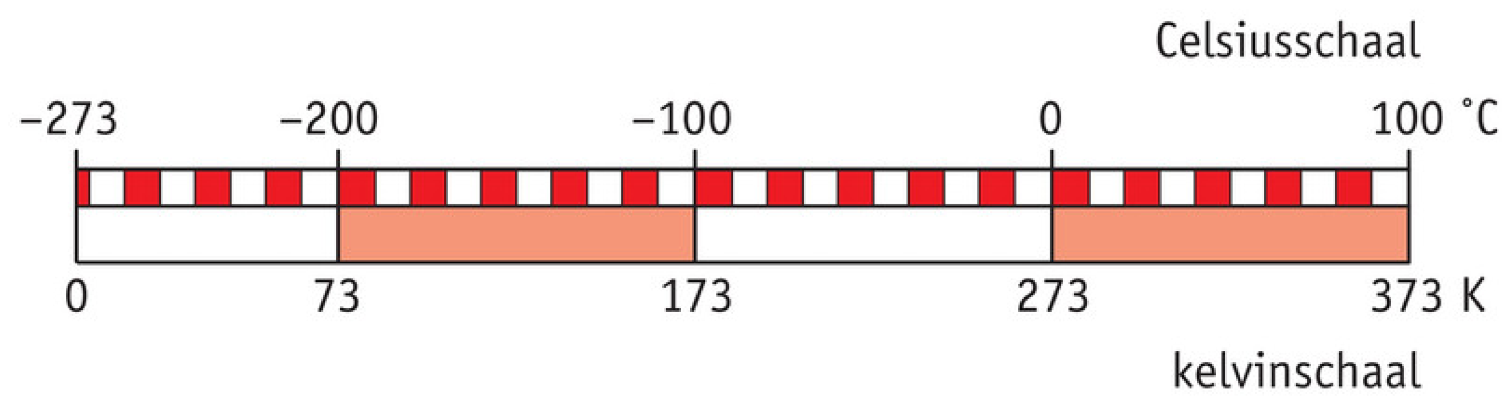
figuur 5 De vlam is geel door de roetdeeltjes die opgloeien.

Met een gasbrander kun je veel hogere temperaturen bereiken dan met een dompelaar. De temperatuur in de vlam kan oplopen tot 1500 °C. Om die temperatuur te bereiken, moet je de luchtregelring ver opendraaien. De brander brandt dan met een sterk ruisende vlam. Als je een stalen spijker verhit in zo'n vlam, wordt hij witgloeiend.

TEMPERATUUR IN °C EN K

In de natuurkunde worden temperaturen vaak weergegeven in kelvin (K). Zoals je in hoofdstuk 2 hebt geleerd, lijkt deze temperatuurschaal veel op de schaal van Celsius. De graden zijn precies even groot. De kelvinschaal heeft alleen een ander nulpunt: niet het smeltpunt van water, zoals bij de Celsiusschaal, maar het absolute nulpunt. Een temperatuur van −273 °C komt dus overeen met 0 K.

Om de temperatuur in kelvin te vinden, moet je 273 optellen bij de temperatuur in graden Celsius. Het absolute nulpunt (−273 °C) is dus 0 K. Dat betekent dat 0 °C overeenkomt met 273 K, en 100 °C met 373 K. Om van kelvin terug te rekenen naar graden Celsius, moet je 273 van de temperatuur in kelvin aftrekken (figuur 6).



figuur 6 Twee temperatuurschalen: boven Celsius, onder kelvin.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Is de vlam van een brander heet genoeg om ijzer te smelten?

Volgens *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele stoffen* is het smeltpunt van ijzer 1808 K.
De temperatuur in de vlam kan oplopen tot 1500 °C zoals in de theorie is vermeld.
Omgerekend naar kelvin is dat: 1500 + 273 = 1773 K
1773 K is iets lager dan 1808 K. Het ijzer smelt dus niet.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA NEDERLAND (EX-)AARDGASLAND

In 1959 werd in de provincie Groningen een enorm aardgasveld ontdekt. Het veld bevatte genoeg gas om Nederland tientallen jaren van brandstof te voorzien. Al snel was bijna elke woning in Nederland aangesloten op het aardgasnet. Aardgas werd net zo gewoon als water en elektriciteit.

Na 1960 zijn veel kleinere gasvelden ontdekt, de meeste onder de bodem van de Noordzee. Deze velden hebben ook een belangrijk aandeel in de Nederlandse gasproductie (figuur 7). Daarnaast voert Nederland nog aardgas in uit het buitenland.

De samenstelling van het aardgas verschilt van veld tot veld. Om gas te kunnen leveren met een constante verbrandingswarmte, mengt de Gasunie aardgas uit verschillende velden. Als het methaangehalte te hoog is, wordt er stikstof aan het aardgas toegevoegd.

De jarenlange gaswinning heeft in Groningen tot grote problemen geleid. Duizenden huizen werden beschadigd door aardbevingen. Verder draagt aardgas ook bij aan de klimaatverandering. Daarom besloot de Nederlandse regering in 2019 om in 2022 het gasveld in Groningen te sluiten.



figuur 7 Een gasproductieplatform in de Noordzee.

LEERSTOF

1 Hout heeft een verbrandingswarmte van 16 MJ/kg.
Wat betekent dit?
○ A Dat er 1 MJ warmte nodig is om 16 kg hout aan te steken.
○ B Dat er 16 MJ warmte nodig is om 1 kg hout aan te steken.
○ C Dat er 1 MJ warmte vrijkomt bij de verbranding van 16 kg hout.
○ D Dat er 16 MJ warmte vrijkomt bij de verbranding van 1 kg hout.

2 Bij de verbranding van benzine vindt een energieomzetting plaats.

Hierbij wordt .... energie omgezet in ....

3 Soms verbrandt een brandstof niet volledig.
Wanneer gebeurt dat?
○ A Als er te weinig brandstof is voor een volledige verbranding.
○ B Als er te weinig lucht is voor een volledige verbranding.
○ C Als er te weinig stikstof is voor een volledige verbranding.
○ D Als er te weinig warmte is voor een volledige verbranding.

4 Welke stoffen ontstaan bij de onvolledige verbranding van aardgas?
○ A koolstofmono-oxide en roet
○ B koolstofmono-oxide en stikstof
○ C roet en stikstof

5 Als je een reageerbuis met koud water in een gele vlam houdt, wordt hij zwart.
Door welke stof komt dit?
○ A koolstofdioxide
○ B koolstofmono-oxide
○ C roet
○ D stikstof

6 Vul in.
a Aardgas heeft een .... van 32 MJ/m^3.

b Je kunt de volledige verbranding van aardgas weergeven in een reactieschema:

methaan + zuurstof → .... + ...

7 Wat gebeurt er met de vlam van een gasbrander:

a als je de gasregelknop steeds verder dichtdraait?

....

....

b als je de luchtregelring steeds verder dichtdraait?

....

....

TOEPASSING

8 Warmtebronnen zijn energieomzetters.
Schrijf drie warmtebronnen op die chemische energie omzetten in warmte.

....

....

9 Dennis maakt een vlucht met een heteluchtballon. De ballon is gevuld met hete lucht van ongeveer 100 °C. Om de lucht op die temperatuur te brengen, worden branders gebruikt die werken op propaangas (figuur 8). Tijdens Dennis' vlucht wordt in totaal 26 m^3 propaangas verbrand.
Bereken hoeveel MJ warmte bij deze verbranding is vrijgekomen.

....

....

....

....

....

....



figuur 8 De lucht in de ballon wordt verhit door branders die op propaangas werken.

Werken als machinaal houtbewerker — beroep



Henry's vader heeft een houtschaverij.
Omdat Henry (34 jaar) graag samen met zijn vader wilde werken, heeft hij na het vmbo de opleiding Allround machinaal houtbewerker (mbo, niveau 3) gedaan.
Daarna is hij voor het bedrijf van zijn vader gaan werken.
De grote hoeveelheid houtsnippers die het bedrijf van zijn vader produceert bracht Henry op het idee om hier houtbriketten van te maken.
Henry heeft nu een eigen bedrijf. Zijn bedrijf perst houtbriketten van zaagsel. De houtbriketten verkoopt hij aan bouwmarkten als alternatief voor brandhout. Het voordeel van de briketten is dat ze niet 'spatten'.
Om zijn bedrijf te kunnen leiden en klanten binnen te halen heeft Henry een cursus Ondernemen en drie cursussen Marketing gevolgd.

10

Zie de vaardigheid *Rekenen met verhoudingen*.
Lees de tekst 'Werken als machinaal houtbewerker'.
Henry heeft een bedrijf dat houtbriketten produceert. Een houtbriket voor de houtkachel weegt 1,25 kg.

a Wat is de verbrandingswarmte van hout? ....

b Hoeveel warmte komt er vrij als je een houtbriket van 1,25 kg verbrandt?

....

....

....

....

....

c Klanten van Henry hebben 280 MJ warmte nodig om hun huiskamer een avond lang te verwarmen.
Hoeveel houtbriketten moeten ze daarvoor verbranden?

Eén blok levert .... warmte.

warmte (MJ)			
aantal blokken	1		

Ze moeten .... houtbriketten verbranden.

d Hoeveel m^3 aardgas moet je verbranden om aan 280 MJ warmte te komen?

De verbrandingswarmte van aardgas is ....

warmte (MJ)			
volume (m^3)	1		

Voor 280 MJ warmte moet je .... m^3 aardgas verbranden.

★ 11 In figuur 9 op de volgende bladzijde zie je een veiligheidskaart voor koolstofmono-oxide.

a Voor welke twee gevaren waarschuwen de pictogrammen op de kaart?

....

....

....

b Hoe kun je voorkomen dat er na het vrijkomen van koolstofmono-oxide:

- brand ontstaat?

....

....

- mensen bewusteloos raken?

....

....

....

- een explosie plaatsvindt?

....

....

....

c Peter klaagt over hoofdpijn en duizeligheid. Je vermoedt dat hij koolstofmono-oxide heeft ingeademd.
Wat moeten hulpverleners in zo'n situatie doen?

....

....

....

d Voor veel schadelijke stoffen is een MAC-waarde vastgesteld. MAC staat voor *maximum allowed concentration* ofwel de maximaal toegestane concentratie. Hoe hoog is de MAC-waarde van koolstofmono-oxide?

....

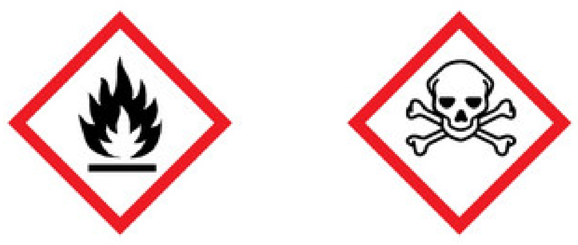
e De MAC-waarde in figuur 9 vertelt je hoeveel mg ....

er maximaal mag voorkomen in 1 m³ ....

KOOLSTOFMONO-OXIDE

Fysische eigenschappen		**Belangrijke gegevens**
Kookpunt, °C	-191	**KLEURLOOS EN REUKLOOS GAS** Het gas mengt zich goed met lucht, makkelijke vorming van explosieve mengsels.
Smeltpunt, °C	-205	MAC-waarde 29 mg/m³ De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Een voor de gezondheid gevaarlijke concentratie in de lucht kan bij vrijkomen van dit gas zeer snel worden bereikt.
Vlampunt, °C	brandbaar gas	**Wijze van opname/inademingsrisico:** De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Een voor de gezondheid gevaarlijke concentratie in de lucht kan bij vrijkomen van dit gas zeer snel worden bereikt.
Explosiegrenzen volume% in lucht	11,0-75	**Directe gevolgen:** De stof werkt op het bloed. Bloedafwijkingen kunnen optreden. In ernstige gevallen kans op stoornissen van ademhaling, hartritme, hart- en vaatstelsel, bewusteloosheid, toevallen, dodelijke afloop. De stof werkt op het zenuwstelsel. Hersenbeschadigingen kunnen optreden.
Molecuulformule:	CO	

DIRECTE GEVAREN/SYMPTOMEN	**PREVENTIE**	**BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP**
Brand: zeer brandgevaarlijk	Geen open vuur, geen vonken en niet roken	Toevoer afsluiten, indien niet mogelijk en geen gevaar voor omgeving, laten uitbranden anders blussen met poeder, koolzuur
Explosie: gas is met lucht explosief	Gesloten apparatuur, ventilatie, explosieveilige elektrische apparatuur en verlichting, vonk-arm gereedschap	Bij brand: drukhouder koel houden door spuiten met water, brand bestrijden vanuit beschutte plaats.
Inademen: hoofdpijn, duizelig, bewusteloosheid	Ruimtelijke afzuiging, plaatselijke afzuiging, ademhalingsbescherming (filtertype CO)	Frisse lucht, rust, beademing, zuurstof toedienen en onmiddellijk naar ziekenhuis vervoeren

OPRUIMING/OPSLAG	**ETIKETTERING**
Opruimen gemorst product: Deskundige waarschuwen! Draag verse luchtkap/persluchtmasker. Gevarenzone ontruimen. Explosiegevaar. Extra ventilatie. **Opslag:** Brandveilig, koel.	

figuur 9 Een veiligheidskaart voor koolstofmono-oxide.

12 Elke warmtebron heeft zijn eigen temperatuur.

a Reken de temperatuur van de volgende warmtebronnen om van °C naar K.

een pizzaoven: 335 °C = ... K

een keramische kookplaat: 620 °C = ... K

een vlam van een lucifer: 760 °C = ... K

b Reken de temperatuur van de volgende warmtebronnen om van K naar °C.

een radiator van een cv-installatie: 332 K = ... °C

een vlam van een gasfornuis: 1473 K = ... °C

het oppervlak van de zon: 5778 K = ... °C

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA NEDERLAND (EX-)AARDGASLAND

13 Aardgas bevat behalve methaan en stikstof ook kleine hoeveelheden propaan en butaan.

a Wat voor effect hebben propaan en butaan op de verbrandingswarmte van het aardgas?

- ○ A Ze maken de verbrandingswarmte van het aardgas groter.
- ○ B Ze maken de verbrandingswarmte van het aardgas kleiner.
- ○ C Ze hebben helemaal geen effect op de verbrandingswarmte.

b Leg uit hoe je aan je antwoord op vraag a komt.

....

....

....

....

....

14 Lees de tekst in figuur 10.

a Wat wordt bedoeld met 'calorische waarde'?

....

....

b Bevat het gas uit Rusland en Noorwegen meer of minder methaan (per m^3) dan Groningen-gas?

....

figuur 10 Waar komt ons aardgas vandaan?

Hoogcalorisch en laagcalorisch

Gas wordt in twee groepen ingedeeld op basis van calorische waarde: laagcalorisch gas en hoogcalorisch gas. De calorische waarde geeft aan hoeveel energie 1 m^3 aardgas bevat. Gas heeft niet altijd dezelfde samenstelling. Daarom is de calorische waarde van gas niet constant.

Het Groningen-gasveld bevat aardgas met een laagcalorische waarde. Daarmee wijkt het af van de meeste andere velden in de wereld. Dit komt doordat het gas een relatief groot aandeel (14%) stikstof bevat. Dit laagcalorische aardgas is de standaard geworden voor gasfornuizen en cv-ketels. Niet alleen in Nederland, maar ook in België, Duitsland en Noord-Frankrijk.

In Nederland komt hoogcalorisch gas vooral voor in de kleine gasvelden op land en zee. Ook vanuit Rusland en Noorwegen wordt hoogcalorisch gas naar Nederland getransporteerd. Als hoogcalorisch gas bestemd is voor gebruik door particulieren, moet het worden gemengd tot de kwaliteit van het laagcalorische Groningen-gas (of G-gas).

bron: www.nam.nl

c Om het gas uit Noorwegen en Rusland geschikt te maken voor de huishoudens in Nederland moet je er *methaan* / *stikstof* aan toevoegen.

d Hoe zou het komen dat alle cv-ketels en gasfornuizen in Nederland zijn afgestemd op Groningen-gas?

....

....

....

....

....

....

3 Warmtetransport

LEERDOELEN

6.3.1 Je kunt drie vormen van warmtetransport onderscheiden.
6.3.2 Je kunt beschrijven hoe warmtetransport door geleiding plaatsvindt.
6.3.3 Je kunt voorbeelden geven van goede en van slechte warmtegeleiders.
6.3.4 Je kunt beschrijven hoe warmtetransport door stroming plaatsvindt.
6.3.5 Je kunt beschrijven hoe warmtetransport door straling plaatsvindt.
6.3.6 Je kunt uitleggen welke voorwerpen straling goed absorberen en welke niet.
EXTRA 6.3.7 Je kunt beschrijven hoe je op zonne-energie kunt koken.

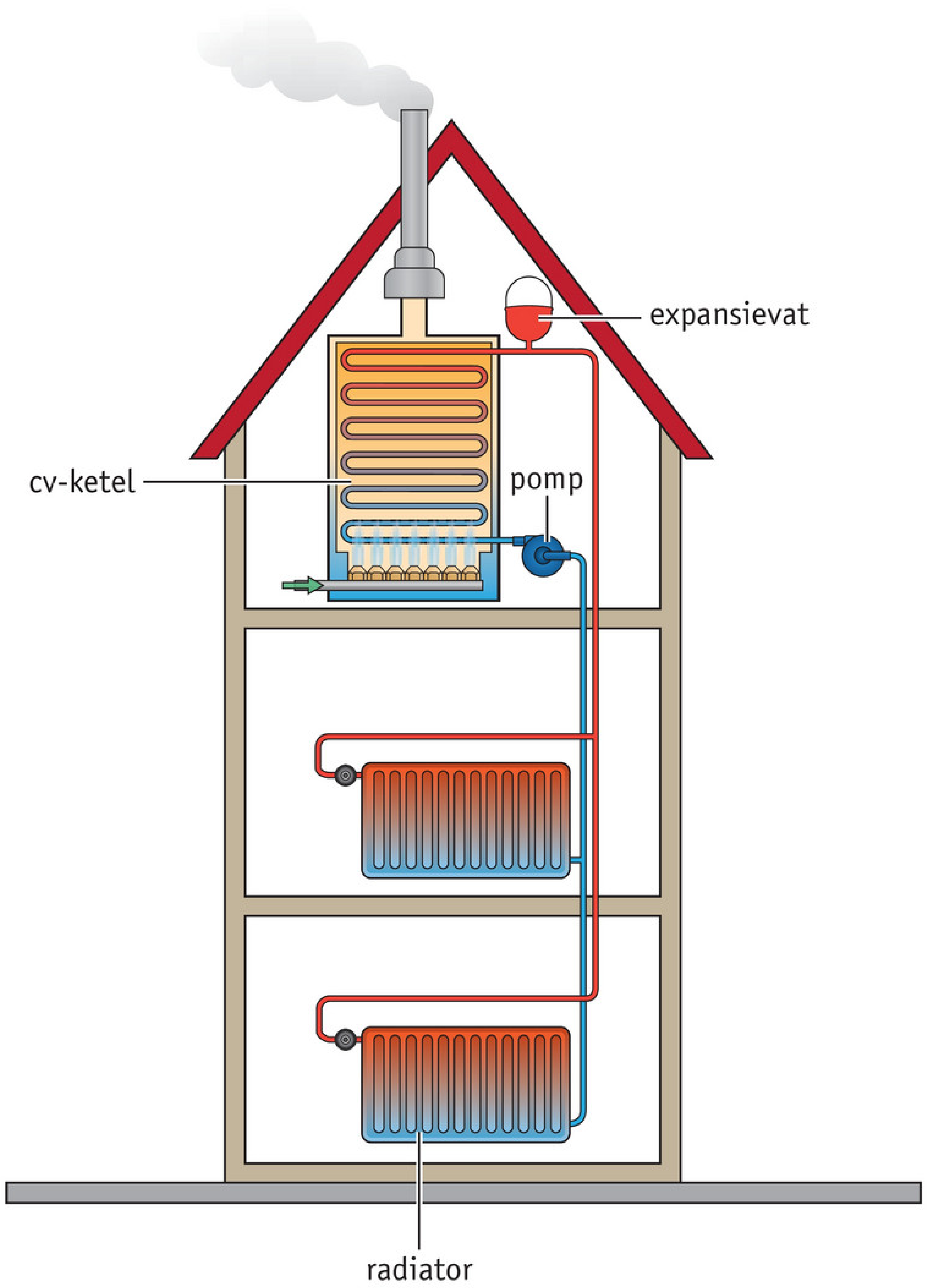
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	6.3.1	6.3.2	6.3.3	6.3.4	6.3.5	6.3.6	6.3.7	6.2.6*
Onthouden	1a	1bc, 5ac	2, 5b	4		5d		
Begrijpen		10a, 11b, 12a	7	3, 9bc, 12b	9a, 11a	6	13, 14abc	10b
Toepassen				8a				
Analyseren				8b, 12c			14d	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

In Nederland heb je vaak weer waarbij wolken en zon elkaar afwisselen. Als er een wolk voor de zon schuift, kun je dat soms niet alleen zien, maar ook voelen. Wat voel je dan precies?

DE CENTRALE VERWARMING

In figuur 1 zie je hoe de cv-installatie van een woonhuis is opgebouwd. In de cv-ketel wordt water verwarmd door aardgas te verbranden. Het water neemt de warmte op en wordt daarna naar de radiatoren gepompt. Daar staat het hete water de warmte weer af. Zo worden de verschillende vertrekken in huis verwarmd.



figuur 1 Een schematische weergave van de cv-installatie in een woonhuis.

De warmte wordt van de cv-ketel naar de verschillende kamers in huis vervoerd. Daarbij kom je verschillende vormen van **warmtetransport** tegen: geleiding, stroming en straling.

GELEIDING

Als heet water een koude radiator binnenstroomt, wordt de buitenkant van de radiator snel warm. Dat komt doordat het staal van de radiator een goede **warmtegeleider** is. De warmte gaat gemakkelijk door het staal heen. Dat noem je warmtetransport door **geleiding**: de warmte verplaatst zich door een stof die zelf niet in beweging is.

Bij geleiding verplaatst de warmte zich van de plaats met de hoogste temperatuur (de binnenkant van de radiator) naar de plaats met de laagste temperatuur (de buitenkant van de radiator). Hoe groter het temperatuurverschil, des te meer warmte er wordt vervoerd van de binnenkant naar de buitenkant van de radiator.

Metalen zijn goede warmtegeleiders. Daarom zijn de potten en pannen in een keuken vaak van een metaal gemaakt. Veelgebruikte metalen zijn gietijzer, staal, aluminium en koper. Ze zorgen voor een goede warmtegeleiding van de gasvlam of de kookplaat naar het voedsel in de pan (figuur 2).



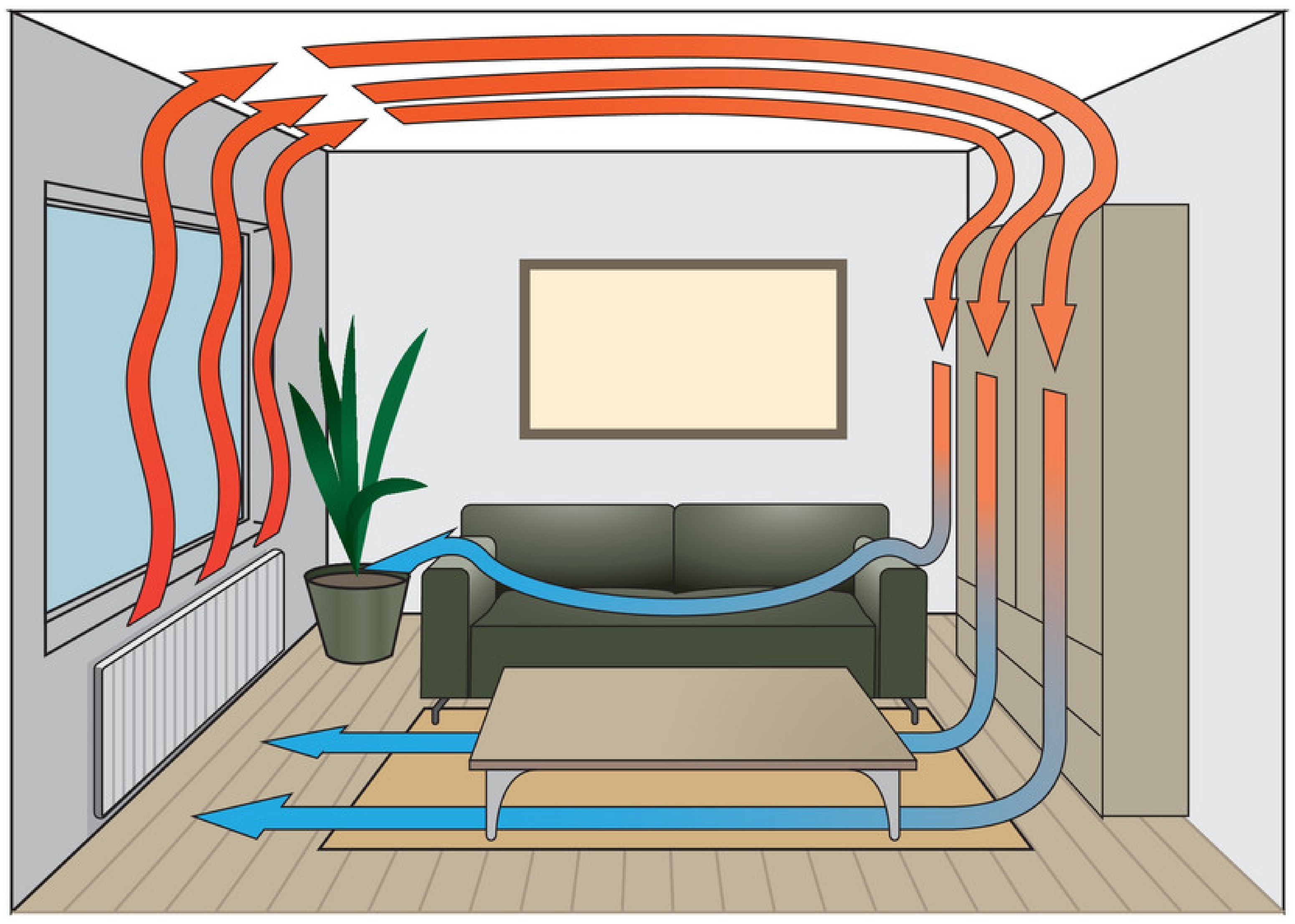
figuur 2 Metalen zijn goede warmtegeleiders.

Hout en plastic zijn slechte warmtegeleiders. Daarom gebruik je in de keuken houten lepels om in gerechten te roeren en heeft een waterketel een handvat van plastic. Andere slechte geleiders zijn water en lucht. Vooral lucht geleidt de warmte zeer slecht. Isolatiematerialen, zoals steenwol en piepschuim, bestaan daarom voor een groot deel uit lucht.

STROMING

Als de lucht rond een radiator warm wordt, ontstaat er een stroming (figuur 3). De warme lucht zet uit, krijgt een kleinere dichtheid en stijgt op in de koudere lucht. Tegen het plafond koelt de lucht af en zakt aan de andere kant van de kamer weer naar beneden. Ondertussen stroomt er koude lucht van onder en opzij naar de radiator toe. Deze lucht wordt op haar beurt verwarmd en gaat stijgen.

De bewegende lucht vervoert de warmte naar alle hoeken van de kamer. Dit noem je warmtetransport door **stroming**. De warmte beweegt niet door de lucht heen zoals bij geleiding, maar wordt door de bewegende lucht meegenomen. Dit is kenmerkend voor stroming. Door die stroming kan lucht veel warmte vervoeren, ook al is lucht een slechte warmtegeleider.



figuur 3 De stromende lucht vervoert de warmte.

Ook bij stroming verplaatst de warmte zich van de plaats met de hoogste temperatuur naar de plaats met de laagste temperatuur. Hoe groter het temperatuurverschil is, des te meer warmte er wordt getransporteerd.

STRALING

Als je je hand vlak voor een radiator houdt, wordt je hand warm. Dat komt doordat de radiator infrarode straling uitzendt. Een voorwerp, zoals in dit geval je hand, kan die straling absorberen. Het stijgt daardoor in temperatuur (figuur 4). Je hand wordt ook warm als er fel zonlicht op valt. De temperatuur van je hand stijgt dan, doordat hij een deel van het zonlicht absorbeert.



figuur 4 Deze terrasverwarming straalt vooral infrarode straling uit.

Infrarode straling en licht kunnen dus warmte vervoeren. Ze vervoeren die warmte van een voorwerp met de hoogste temperatuur naar een voorwerp met de laagste temperatuur. Het warme voorwerp zendt dan straling uit naar het koudere voorwerp dat de straling absorbeert. Dit noem je warmtetransport door **straling**.

Voor warmtetransport door straling is geen tussenstof nodig: straling verplaatst zich ongehinderd door het vacuüm van de ruimte. Zo kan de zon, op een afstand van gemiddeld 150 miljoen kilometer, de aarde verwarmen. Straling kan ook door stoffen bewegen, maar alleen als die doorzichtig zijn, zoals lucht of glas.

ABSORBEREN OF WEERKAATSEN

Donkergekleurde voorwerpen absorberen een groot deel van de straling die op ze valt. Daardoor stijgt hun temperatuur. Om die reden dragen mensen ’s zomers liever geen donkere kleding: ze krijgen het daarin snel te warm.

Lichtgekleurde en glanzende voorwerpen absorberen maar weinig licht en infrarode straling. Ze kaatsen deze straling grotendeels terug. Daarom krijg je het in een wit T-shirt niet zo snel warm op een mooie zomerdag. Om dezelfde reden kun je een ijscokar het best wit schilderen (figuur 5).

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.



figuur 5 Wit weerkaatst het zonlicht: een goede keuze voor een ijscokar.

EXTRA KOKEN OP ZONNE-ENERGIE

In arme landen is vaak gebrek aan brandhout. Mensen moeten uren lopen om hout te zoeken, omdat er dicht bij hun dorp geen bomen meer zijn. Het gebruik van hout als brandstof heeft ook andere nadelen. De rook van houtvuurtjes is slecht voor je longen. Ook neemt de erosie toe als er steeds meer bossen verdwijnen.

In veel arme landen is er overdag geen gebrek aan zonne-energie. Zelfs als het bewolkt is, komt er meestal genoeg zonlicht door de wolken heen. Koken op zonne-energie is daarom een oplossing voor het gebrek aan brandhout. Hiervoor zijn verschillende oventjes ontwikkeld.



figuur 6 De CooKit: een eenvoudige, maar effectieve zonne-oven.

In figuur 6 zie je een eenvoudig, maar effectief ontwerp: de CooKit. Deze zonneoven bestaat uit drie onderdelen:
- een reflector die het zonlicht richt op de pan;
- een pan die het zonlicht absorbeert;
- een hittebestendige plastic zak die voor isolatie zorgt.

In deze oven kun je voedsel klaarmaken voor vijf tot zes personen. Ook kun je er water mee verhitten, zodat schadelijke bacteriën doodgaan en je het veilig kunt drinken. Dit noem je pasteuriseren.

LEERSTOF

1 Er zijn verschillende vormen van warmtetransport.

a Warmte kan zich verplaatsen door ……………………, door …………………… en door ……………………

b In een vaste stof verplaatst de warmte zich van de plaats met de …………………… temperatuur naar de plaats met de …………………… temperatuur.

c Hoe hoger het …………………………………………, des te meer warmte er wordt vervoerd.

2 Welke stoffen zijn goede warmtegeleiders?

☐ A aluminium
☐ B gietijzer
☐ C hout
☐ D koper
☐ E lucht
☐ F piepschuim
☐ G plastic
☐ H staal
☐ I steenwol

3 Warmte kan zich in stoffen verplaatsen door stroming.
In welke fasen is dit mogelijk?

○ A gasvormige fase, vaste fase en vloeibare fase
○ B gasvormige fase en vaste fase
○ C gasvormige fase en vloeibare fase
○ D vaste fase en vloeibare fase

4 De lucht rond een radiator wordt warm.
Hoe wordt deze warmte vooral door de kamer verspreid?

○ A door geleiding
○ B door straling
○ C door stroming

5 Veel pannen zijn van staal of aluminium gemaakt.

a Leg uit waarom pannen vaak van deze materialen worden gemaakt.

....

....

....

b Leg uit waarom je in de keuken houten lepels gebruikt om te roeren.

....

....

....

c Waarom bestaan veel isolatiematerialen grotendeels uit lucht?

....

....

....

d Waarom dragen mensen ’s zomers liever geen donkere kleding?

....

....

....

TOEPASSING

6 Een zwarte en een witte tuinstoel staan naast elkaar in de zon.
Merk je verschil als je na een kwartier eerst op de ene en meteen daarna op de andere stoel gaat zitten?

○ A Ja, de zitting van de witte stoel heeft de hoogste temperatuur.
○ B Ja, de zitting van de zwarte stoel heeft de hoogste temperatuur.
○ C Nee, de temperatuur van beide zittingen is even hoog.

★ 7 Een houten tafel met ijzeren poten staat in een koele kamer. Wanneer je het hout en het ijzer aanraakt, voelen deze stoffen niet even warm aan.
Waardoor wordt dit verschil veroorzaakt?

○ A Het hout heeft een hogere temperatuur dan het ijzer.
○ B Het hout heeft een lagere temperatuur dan het ijzer.
○ C Het hout voert de warmte van je hand beter af dan het ijzer.
○ D Het hout voert de warmte van je hand minder goed af dan het ijzer.

★ 8 In kolenmijnen is goede ventilatie in de ondergrondse gangen belangrijk. Daarom werd er vroeger in Engelse mijnen onder in een van de verticale mijnschachten een vuur gestookt. In figuur 7 is dat schematisch weergegeven.

a Teken met pijlen hoe de lucht door de mijn stroomt.
b Leg uit hoe dit ventilatiesysteem werkt.

....

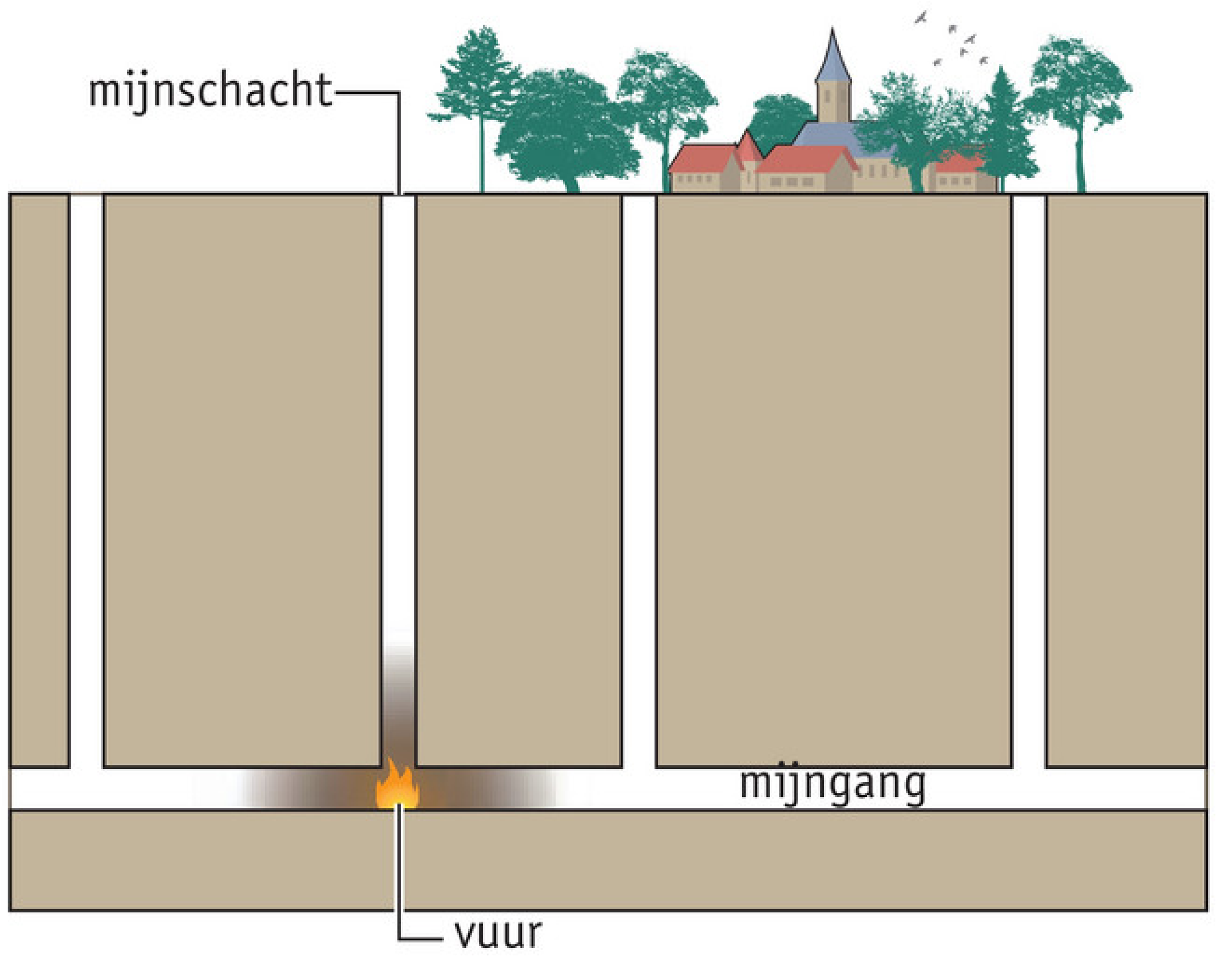
....

....

....

....

....



figuur 7 Het vuur zorgt voor frisse lucht.

9

a Leg uit hoe het komt dat je je hand vlak naast de vlam van een bunsenbrander kunt houden zonder je te branden.

....

....

....

b Leg uit hoe het komt dat je je wel brandt als je je hand vlak boven de gasvlam houdt.

....

....

....

c Waarom wordt het koelelement van een koelkast boven in de koelkast aangebracht?

....

....

....

10

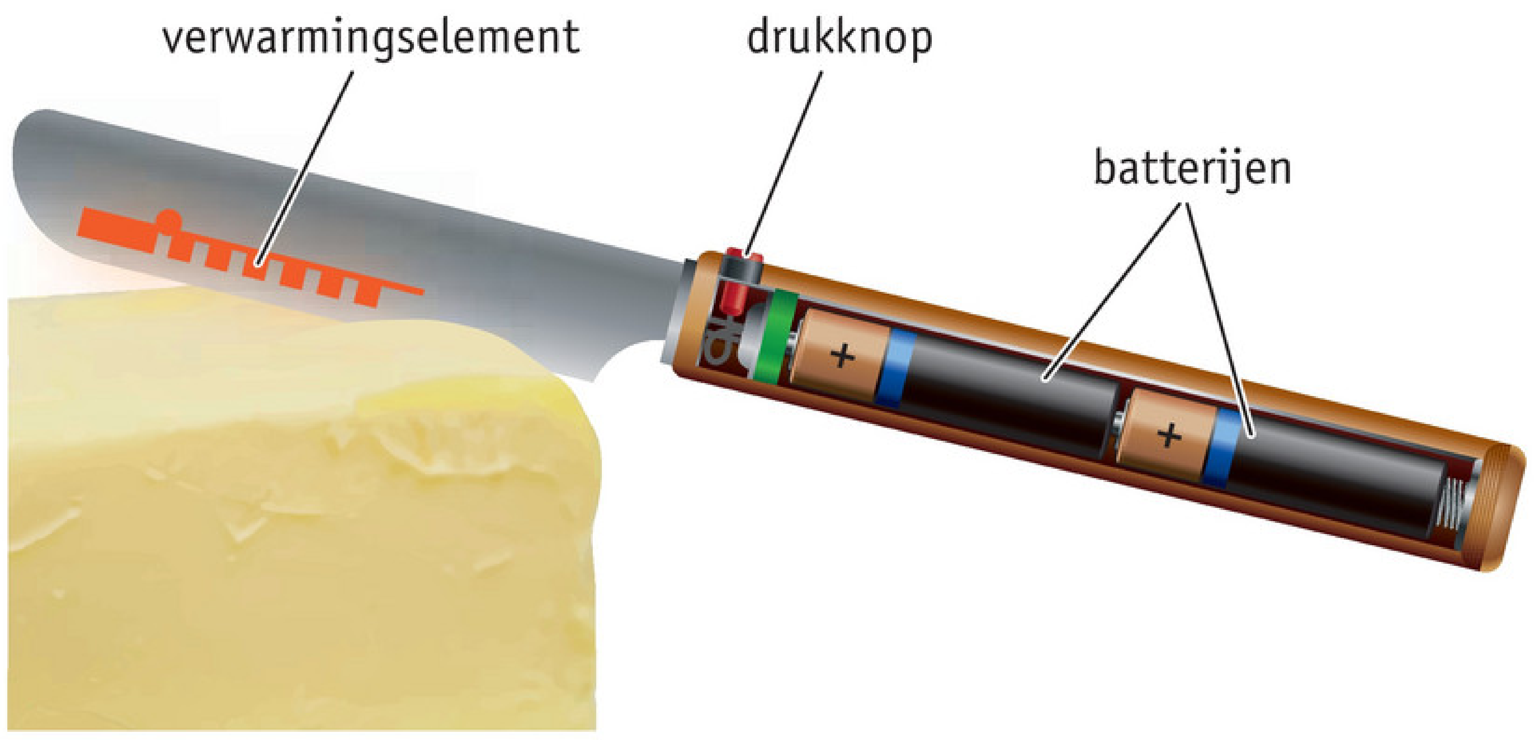
In figuur 8 zie je een speciaal mes met een verwarmd snijblad voor het smeren van koude boter. In het handvat van het mes zitten twee batterijen. In het snijblad zit een verwarmingselement.

a Wat is de belangrijkste vorm van warmtetransport die voor het verwarmen van het snijblad zorgt?
- ○ A geleiding
- ○ B straling
- ○ C stroming

b Het snijblad van het mes wordt verwarmd tot een temperatuur van 315 K. Reken deze temperatuur om in graden Celsius.

....

naar: examen 2018-I



figuur 8 Zo ziet het verwarmd mes er vanbinnen uit.

11 Lees het artikel van figuur 9.

a Door welke manier van warmtetransport komt de warmte van de zon bij de spoorstaven?

○ A geleiding
○ B straling
○ C stroming

b De spoorstaaf wordt aan de zonnekant het eerst warm.
Welke manier van warmtetransport zorgt ervoor dat de spoorstaaf ook op andere plaatsen warm wordt?

○ A geleiding
○ B straling
○ C stroming

figuur 9 Gevolgen van extreme hitte.

Treinen vallen uit door extreme hitte: 'Rails zetten uit en knikken'

Door de extreme hitte heeft ProRail de handen vol aan spoedreparaties aan het spoor. Afgelopen nacht moest de spoorbeheerder twintig stukken rail repareren die waren kromgetrokken door de warmte. Door het kromtrekken van rails ontstaan ook seinstoringen, zo bevestigde een woordvoerder berichtgeving van RTL Nieuws hierover.

"Het spoor heeft het zwaar met deze hitte, bij 80 graden kunnen de rails uitzetten en knikken," aldus de woordvoerder. Reizigers kunnen de komende dagen volgens hem last hebben van vertragingen als gevolg hiervan. Maar ProRail voorziet geen heel grote storingen. "We zijn hierop voorbereid en hebben extra monteurs om de problemen snel op te lossen."

bron: www.hartvannederland.nl

★ 12 Bij vloerverwarming worden er buizen in een betonnen vloer gelegd waar warm water doorheen kan lopen. Daarna wordt de vloer voorzien van een afwerklaag. Hierop kunnen de bewoners bijvoorbeeld vloertegels leggen.

a Welke vorm van warmtetransport zorgt ervoor dat de tegels op de vloer warm worden?

....

b Een fabrikant laat met de afbeeldingen in figuur 10 het verschil zien tussen vloerverwarming en verwarming door radiatoren.
Welke vorm van warmtetransport geven de pijlen in de linker tekening aan?

....

c Leg uit waarom veel mensen de warmteverdeling bij vloerverwarming prettiger vinden.

....

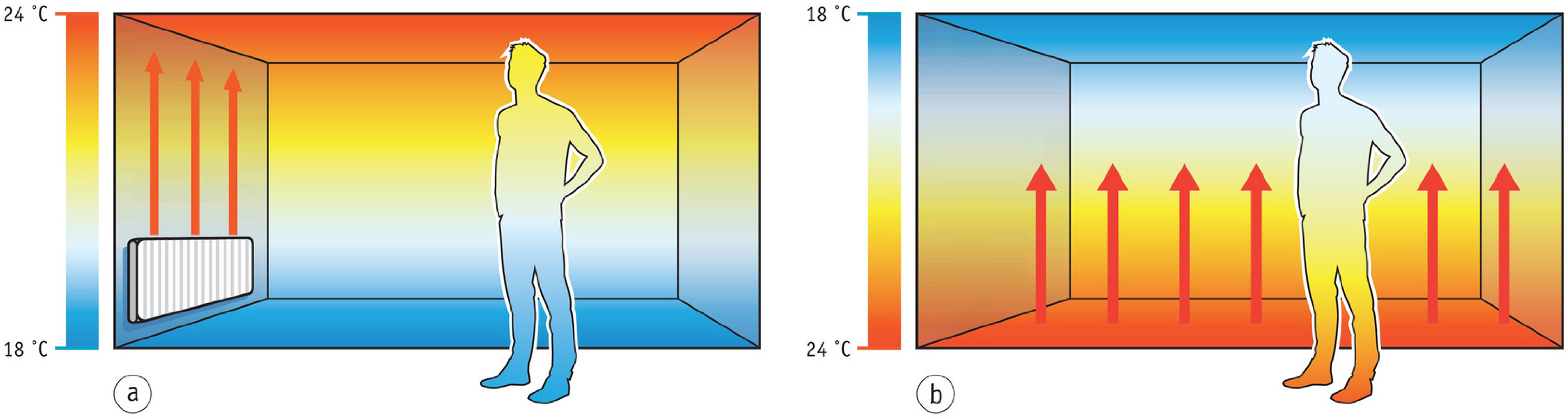
....

....

....

....

figuur 10 Warmteverdeling bij twee verwarmingssystemen.



verwarming door radiatoren

vloerverwarming

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA KOKEN OP ZONNE-ENERGIE

13 Koken op zonne-energie heeft verschillende voordelen vergeleken met koken op hout.
Geef twee voordelen van koken op zonne-energie.

....

....

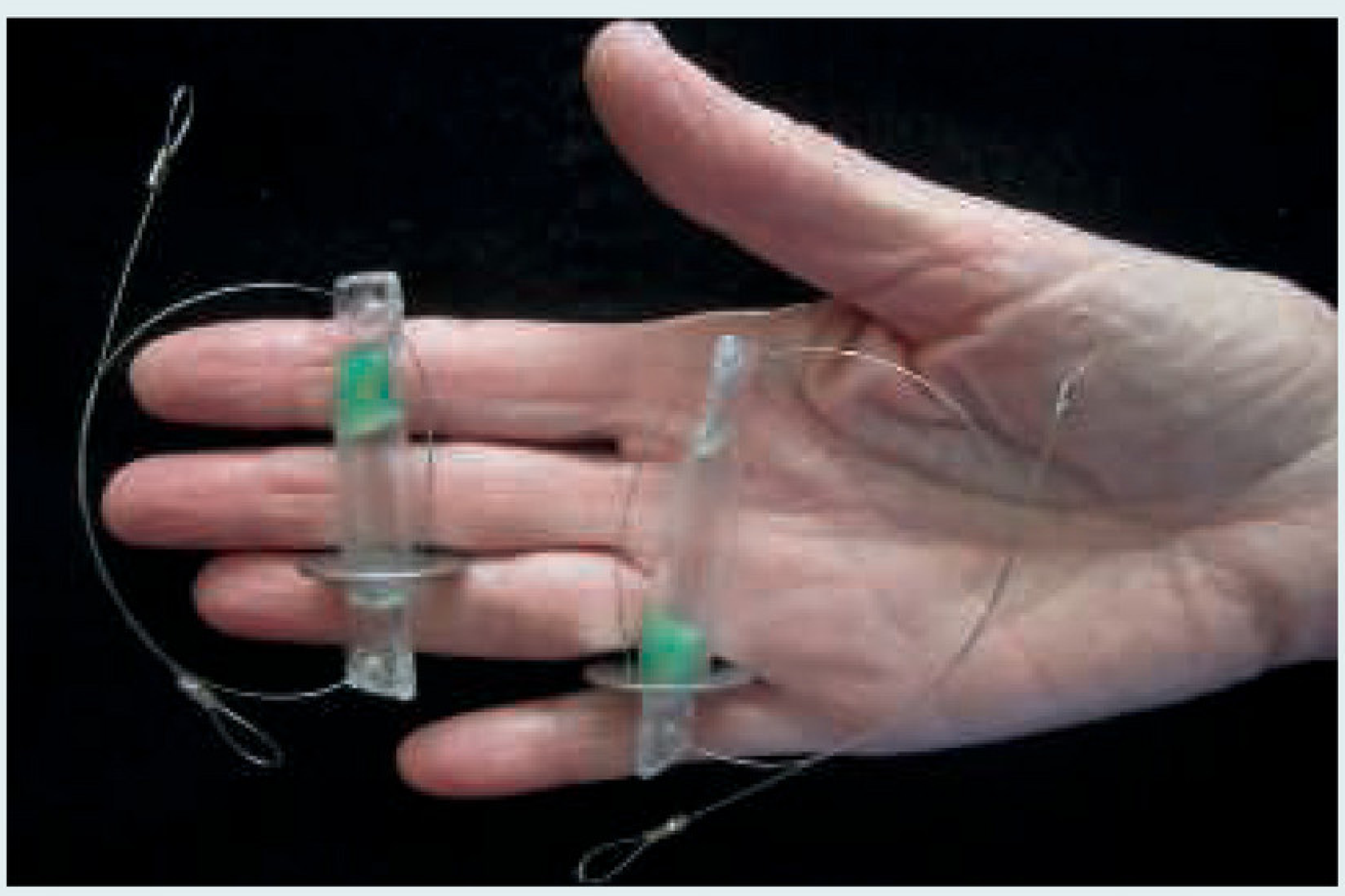
....

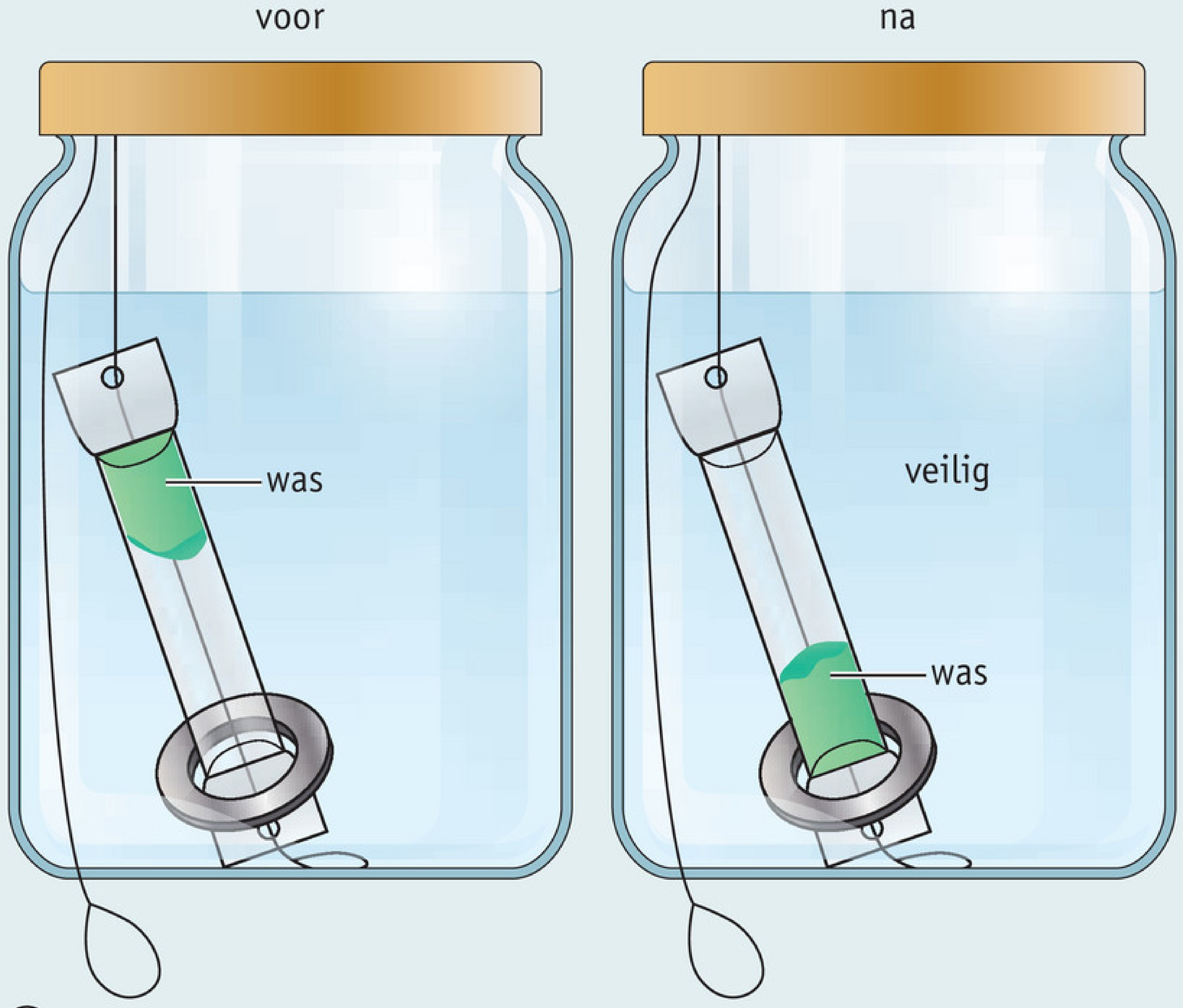
14 Als je water pasteuriseert, mag je pas stoppen met verwarmen als de temperatuur 70 °C is. Voor de gebruikers van de CooKit is een eenvoudige thermometer ontwikkeld: de WAPI. Boven in de WAPI zit een beetje was (figuur 11a).

a Bekijk figuur 11b. Hoe kun je aan de WAPI zien dat de temperatuur van het water 70 °C is?

....

figuur 11 Een WAPI (Water Pasteurisatie Indicator).





ⓐ ⓑ

b Welke stofeigenschap moet de was dus hebben die je in de WAPI doet?

....

....

c Waarvoor dient de stalen ring rond het plastic buisje?

....

....

d De WAPI kun je onbeperkt gebruiken.
Wat moet je met de WAPI doen als je hem de dag erna weer wilt gebruiken?

....

....

....

4 Isoleren

LEERDOELEN

6.4.1 Je kunt drie manieren beschrijven waarop een huis warmte verliest aan de omgeving.
6.4.2 Je kunt uitleggen hoe het komt dat een goed geïsoleerd huis minder energie verbruikt.
6.4.3 Je kunt vier manieren beschrijven om een woonhuis te isoleren tegen warmteverlies.
6.4.4 Je kunt van elke manier van isoleren uitleggen hoe die het warmteverlies tegengaat.
6.4.5 Je kunt uitrekenen hoeveel de bewoners door isolatie kunnen besparen in m^3 aardgas en in euro’s.
EXTRA 6.4.6 Je kunt uitleggen wat een koudebrug in een spouwmuur is.

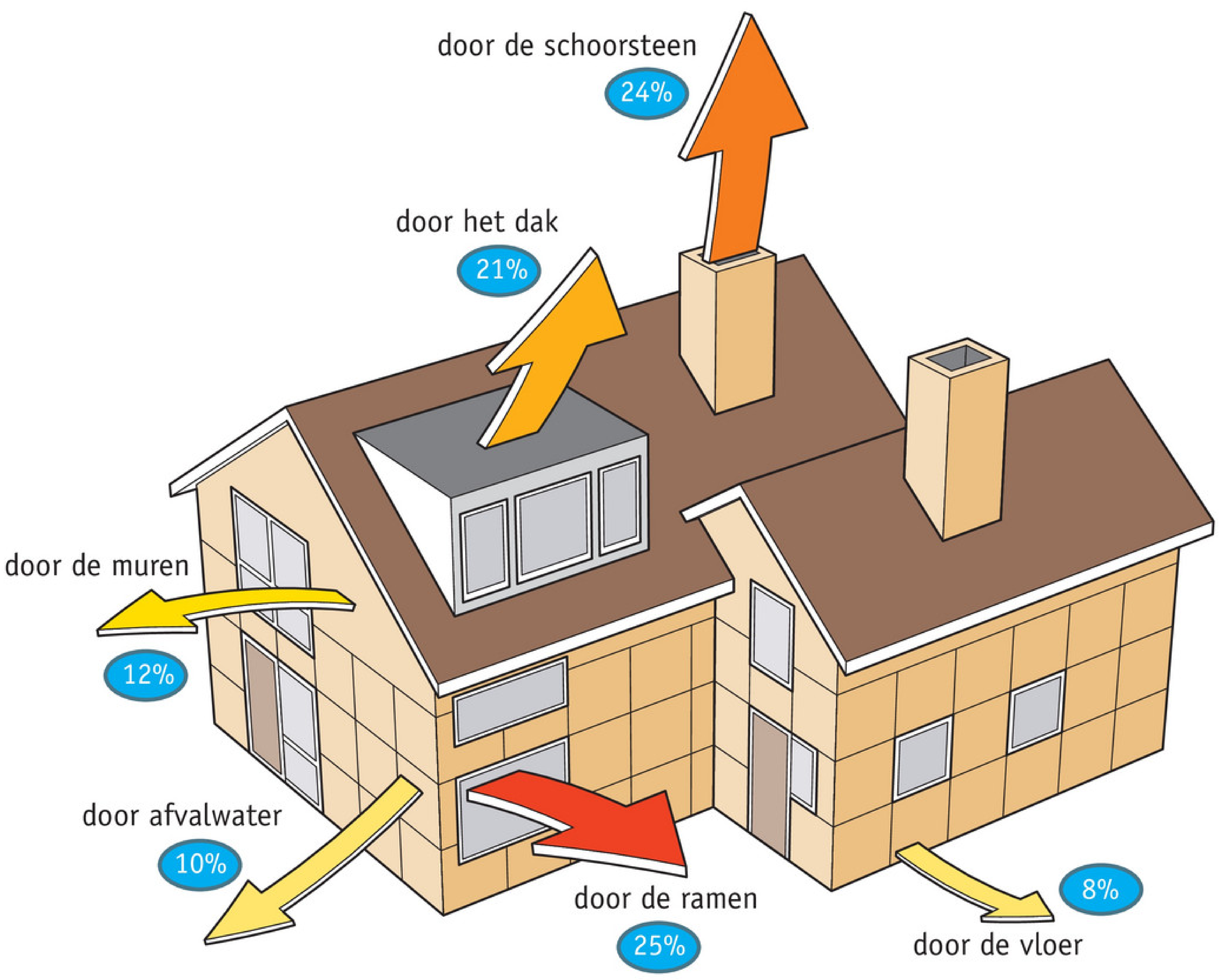
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	6.4.1	6.4.2	6.4.3	6.4.4	6.4.5	6.4.6
Onthouden	1, 3ab	3c, 6	2, 4, 5		10a	
Begrijpen			9abc	8a		11, 12
Toepassen					8cd, 10bcd	
Analyseren				7, 8b	10e	

Normaal gesproken kun je niet zien van welke huizen het dak goed is geïsoleerd. Maar als er sneeuw is gevallen, is het verschil opeens heel duidelijk. Waaraan zie je dat?

WARMTEVERLIES

Als je de verwarming in een kamer aanzet, zal de temperatuur eerst stijgen. Maar na verloop van tijd verandert de temperatuur niet meer, ook al werkt de verwarming nog wel. Dat komt doordat er dan evenveel warmte door de wanden, de ramen, de vloer en het plafond naar buiten verdwijnt als de verwarming produceert.

Een deel van de warmte verdwijnt door ventilatie. De warme lucht in huis wordt daarbij vervangen door koude lucht van buiten. Er verdwijnt ook veel warmte naar buiten door de muren, de ramen, de vloer en het dak (figuur 1).



figuur 1 Het warmteverlies van een woning.

Warmteverlies wordt veroorzaakt door:
- geleiding: de warmte beweegt door muren en ruiten naar buiten;
- stroming: stromende lucht neemt warmte mee naar buiten;
- straling: 'warme' muren en ruiten stralen warmte uit.

WARMTEVERLIES TEGENGAAN

De warmte die naar buiten verdwijnt, moet meteen weer worden aangevuld. Anders daalt de temperatuur in huis steeds verder, tot het binnen even koud is als buiten. Daarom is een cv-ketel of een warmtepomp bij koud weer voortdurend in bedrijf om de temperatuur in huis op peil te houden.

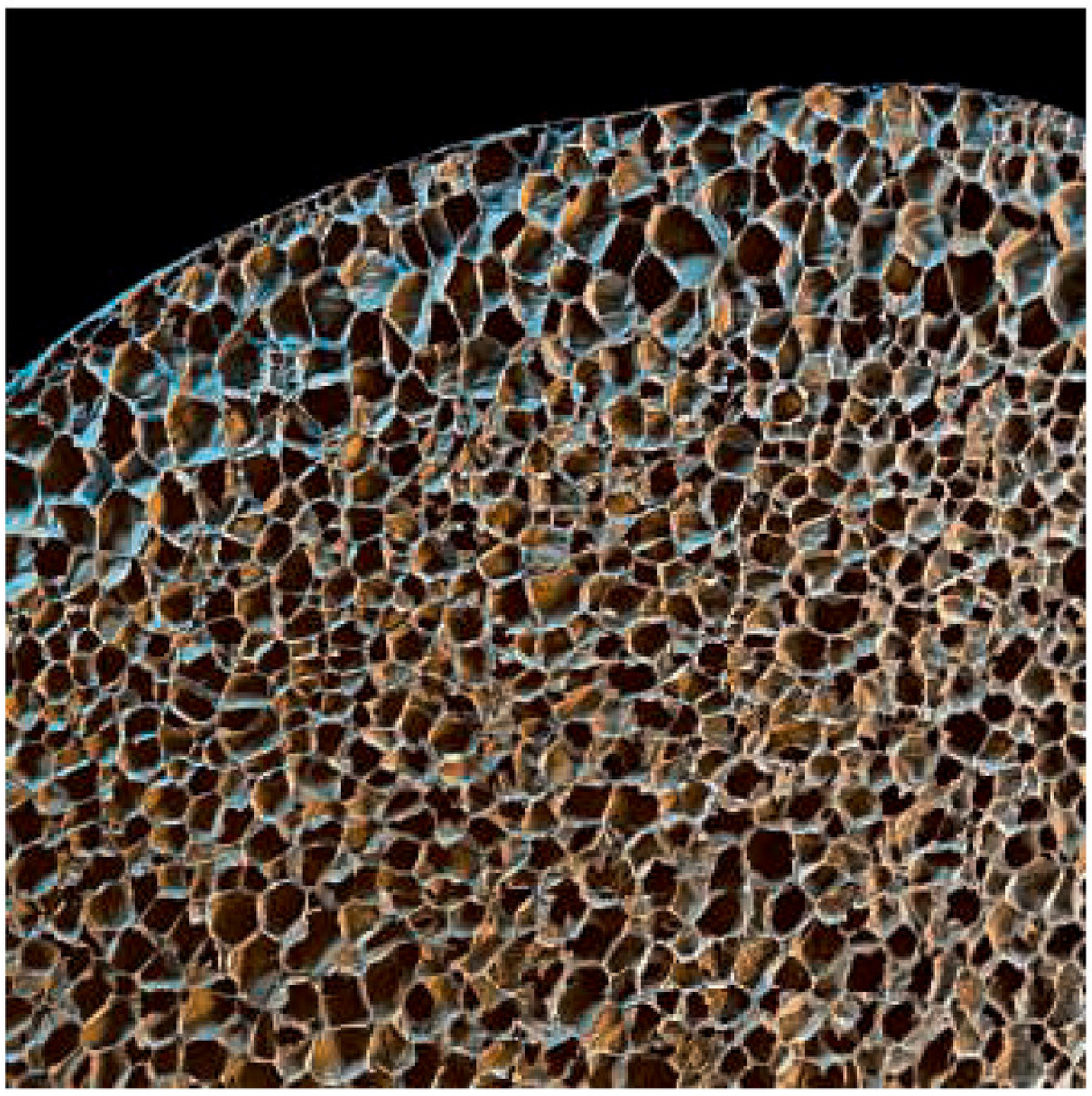
Als een huis slecht is geïsoleerd, verdwijnt er veel warmte naar buiten. Je kunt zo'n slecht geïsoleerd huis niet goed verwarmen met een warmtepomp. Die heeft een te klein vermogen om het warmteverlies naar buiten bij te houden. Met een cv-ketel gaat dat beter. Die moet dan wel steeds branden om de verloren warmte weer aan te vullen.

Je kunt het warmteverlies tegengaan door het huis te isoleren. De cv-ketel hoeft dan niet zoveel warmte te leveren om voor een aangename temperatuur te zorgen. Door het huis te isoleren lekt er minder warmte naar buiten en kun je het energieverbruik dus verlagen.

MUREN ISOLEREN

Je kunt het warmteverlies door een muur tegengaan door tegen de muur een laag **isolatiemateriaal** aan te brengen. Ook daken en vloeren worden vaak op deze manier geïsoleerd. Een vijf centimeter dikke laag isolatiemateriaal kan het warmteverlies door een muur vier keer zo klein maken.

Isolatiematerialen zitten vol met kleine ruimtes waar lucht in zit (figuur 2). Doordat die lucht in de kleine ruimtes zit opgesloten, kan er geen stroming ontstaan. Lucht geleidt de warmte erg slecht, veel slechter dan bijvoorbeeld plastic, glas of een andere vaste stof.



figuur 2 Doorsnede van een stukje polystyreen (ook wel EPS of piepschuim genoemd).

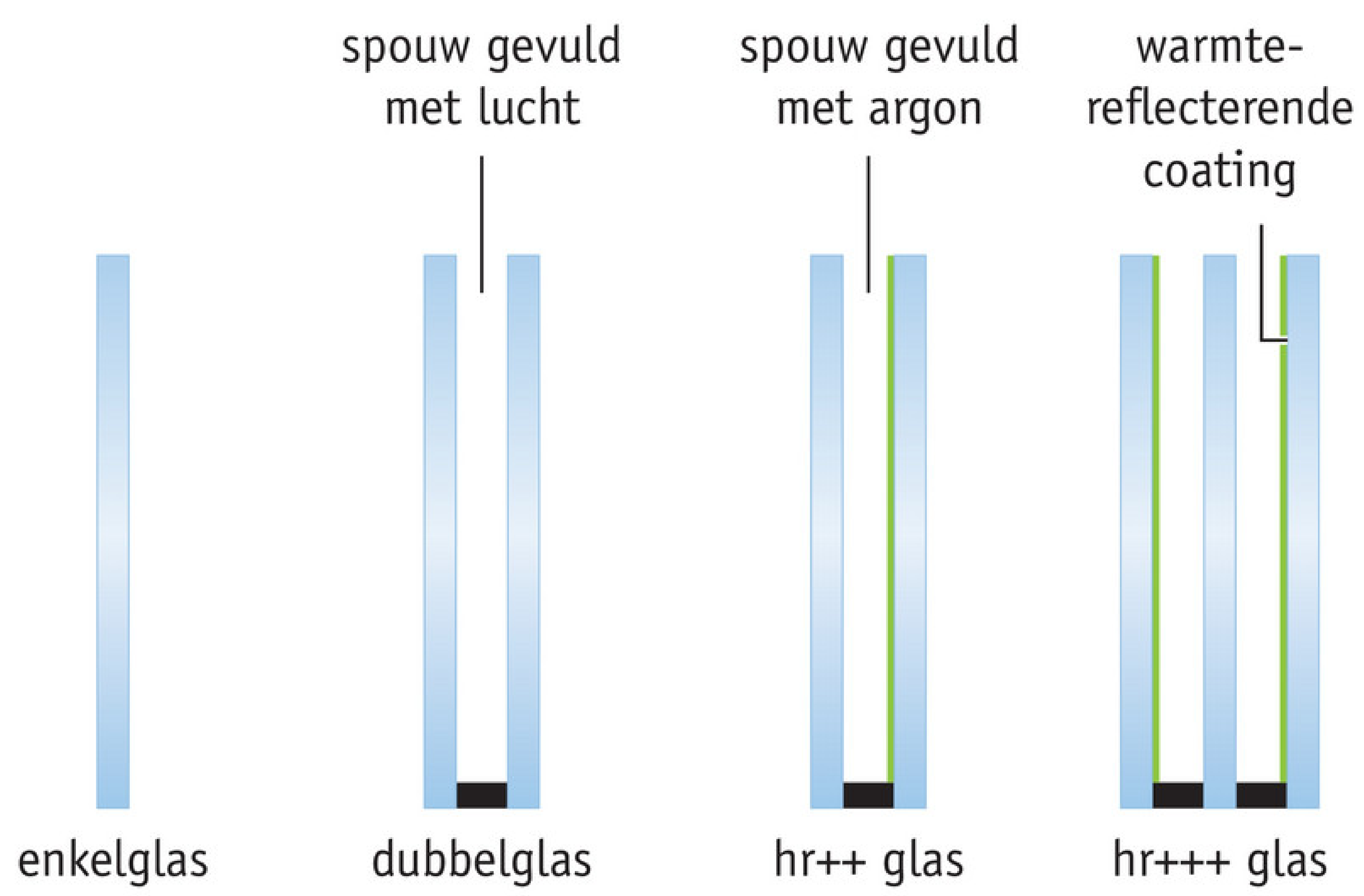
EEN HUIS ISOLEREN

Er zijn nog veel meer manieren om een huis te isoleren. Een paar voorbeelden:

Dubbelglas

Door de ramen van een huis verdwijnt veel warmte naar buiten. Vooral als er tussen de lucht in de kamer en de koude buitenlucht maar één dun laagje glas zit. Daarom hebben bijna alle huizen tegenwoordig **dubbelglas** (figuur 3).

Door enkelglas te vervangen door dubbelglas kun je het warmteverlies door de ruit twee keer zo klein maken. Dubbelglas isoleert vooral goed door de laag stilstaande lucht tussen de twee glasplaten. Steeds meer mensen kiezen voor dubbel hr++ glas of driedubbel hr+++ glas, met een reflecterende laag op de binnenste glasplaat. Deze glassoorten isoleren nog beter dan 'gewoon' dubbelglas.



figuur 3 Verschillende soorten glas.

Spouwmuurisolatie

Veel huizen hebben dubbele muren, waartussen zich een laag lucht bevindt: de **spouw**. De spouw voorkomt dat er regenwater door de muur naar binnen kan dringen. De lucht in de spouw is een slechte geleider. Toch gaat er via de spouw veel warmte verloren. Dat komt doordat de warmte ook wordt vervoerd door stroming en vooral straling.

Het is mogelijk om de spouw te vullen met isolatiemateriaal (figuur 4). De warmte kan zich dan alleen door geleiding verplaatsen. Omdat isolatiemateriaal warmte slecht geleidt, kun je het warmteverlies zo meer dan twee keer zo klein maken.



figuur 4 Een spouwmuur die is geïsoleerd met glaswol.

Stralingsisolatie
Een radiator zendt naar alle kanten infrarode straling uit. Die straling verwarmt ook de muur waar de radiator aan hangt. Een deel van die warmte gaat vervolgens via de muur verloren. Dit warmteverlies kun je tegengaan door een laag glanzende folie op de muur te bevestigen. De folie kaatst de straling terug de kamer in, zodat die de muur niet kan verwarmen.

Dak- en vloerisolatie
Daken en vloeren kun je isoleren met isolatiematerialen zoals glas- en steenwol, polystyreen en luchtkussenfolie. Het isolerend effect is vooral te danken aan de lucht die in deze materialen zit opgesloten.

ENERGIE EN GELD BESPAREN

Door je huis te isoleren, kun je het energieverbruik voor verwarming flink omlaag brengen. Dat heeft voordelen voor het milieu, en het levert ook geld op. Elke m^3 aardgas die je bespaart, betekent minder luchtverontreiniging én een lagere energierekening. Natuurlijk kost isoleren ook geld. Het duurt een aantal jaren voor je de kosten van de isolatiemaatregelen weer hebt terugverdiend.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Ina leest in een folder dat je met het isoleren van cv-leidingen veel energie kunt besparen: zo'n 10 m^3 aardgas per meter leiding per jaar.
Ina isoleert 18 m cv-leiding in haar huis. 1 m^3 aardgas levert $32 \cdot 10^6$ J warmte. De gasprijs is € 0,75 per m^3 (in 2020).
Hoeveel warmte bespaart Ina daarmee per jaar? En hoeveel geld bespaart ze door deze isolatie?

gegevens — isolatie per m = 10 m^3 minder aardgas
1 m^3 aardgas levert $32 \cdot 10^6$ J warmte
gasprijs = € 0,75 per m^3

gevraagd — besparing in warmte = ? J
besparing in geld = € ?

uitwerking — Voor 18 m leiding is de besparing $18 \times 10 = 180$ m^3 aardgas per jaar.
Dat komt overeen met $180 \times 32 \cdot 10^6 = 5{,}8 \cdot 10^9$ J warmte.
Ina bespaart door de isolatie 180 m^3 aardgas. Dat is dus elk jaar
180 × € 0,75 = € 135,-.

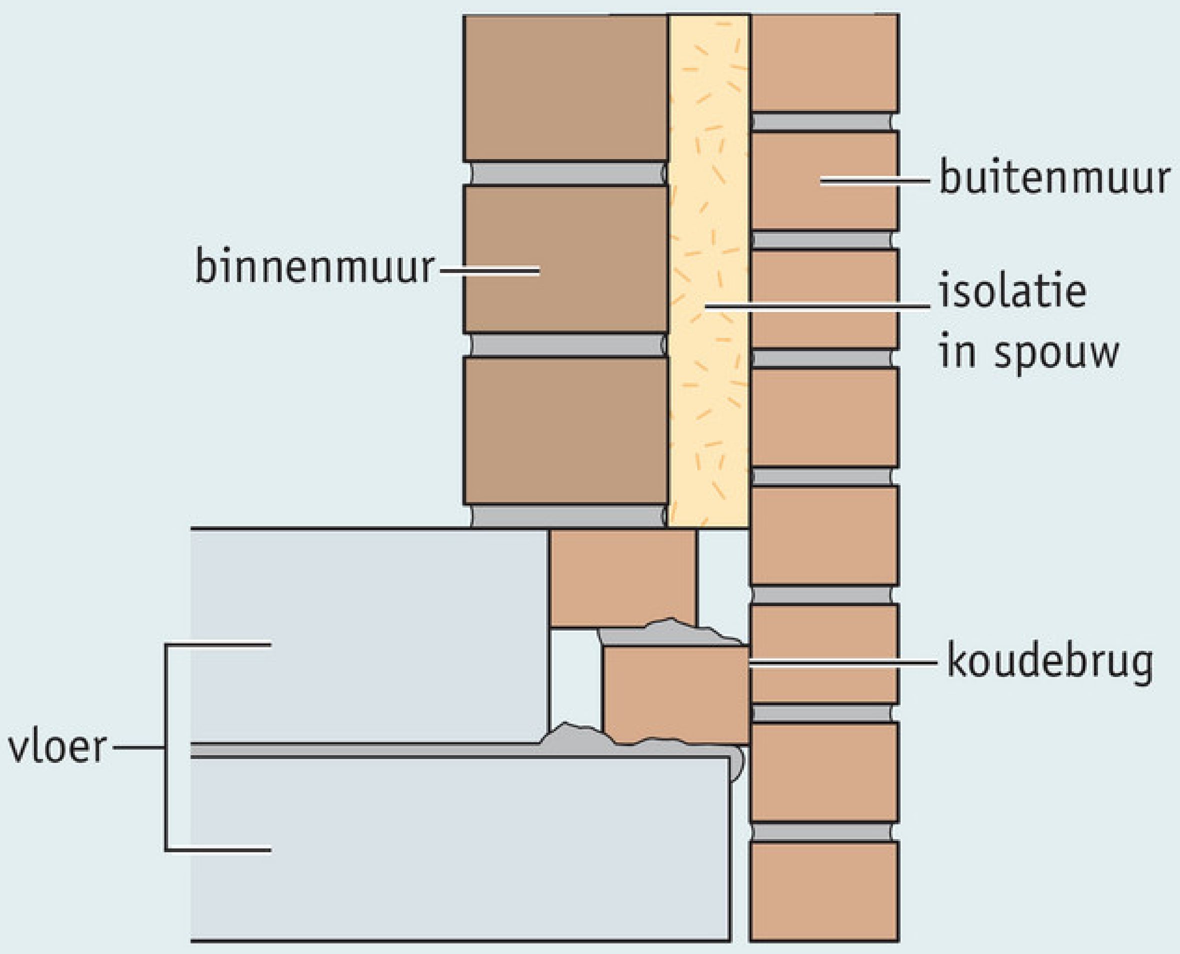
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA KOUDEBRUG

Bouwmaterialen zoals baksteen en beton geleiden warmte vrij goed. Daarom worden de muren, daken en vloeren van een huis geïsoleerd. Een laag isolatiemateriaal zorgt ervoor dat er niet te veel warmte uit het huis kan ontsnappen.

Het is belangrijk dat de isolatie van een huis overal goed aansluit. Als de isolatie ergens ontbreekt, kan de warmte op die plaats gemakkelijk naar buiten verdwijnen. ’s Winters zal een binnenmuur op zo’n plaats koud aanvoelen. Daarom wordt zo’n slecht geïsoleerde plaats een ‘koudebrug’ genoemd.

In figuur 5 zie je een voorbeeld van een koudebrug. De muurisolatie loopt niet ver genoeg door. De warmte kan nu ontsnappen door de bakstenen via de koudebrug en de buitenmuur. Doordat de binnenmuur boven de vloer koud wordt, kan daar condensvorming ontstaan. De muur wordt dan vochtig en zal op den duur gaan schimmelen.



figuur 5 Een koudebrug.

LEERSTOF

1 Op welke manieren verdwijnt de meeste warmte naar buiten uit een huis dat wordt verwarmd?

- ○ A door de muren
- ○ B door de ramen
- ○ C door de schoorsteen
- ○ D door het dak

2 Welke van de volgende stoffen is de slechtste warmtegeleider?

- ○ A glas
- ○ B hout
- ○ C lucht
- ○ D plastic

3 Vul in.

a Uit een huis verdwijnt voortdurend .... naar buiten als de temperatuur binnen .... is dan de temperatuur buiten.

b Dit warmteverlies wordt veroorzaakt doordat:

- de warmte door muren en ruiten heen beweegt; dat noem je..............................
- stromende lucht warmte meeneemt naar buiten; dat noem je..............................
- warme oppervlakken zoals ruiten warmte uitzenden; dat noem je..............................

c Je kunt het warmteverlies tegengaan door tegen de muren een laag .... aan te brengen.

4 Schrijf vier manieren op om een woonhuis te isoleren.

....

....

....

....

5 Veel huizen hebben muren met een spouw.
Wat is een spouw?

○ A een laag lucht tussen muren
○ B glanzende folie die tegen een muur is bevestigd
○ C het isolatiemateriaal tussen muren

6 Lucht speelt een grote rol bij isolatie en warmteverlies.

Lucht is een goede warmtegeleider.	*waar / onwaar*
Lucht kan warmte vervoeren door stroming.	*waar / onwaar*
Warmtestraling kan niet door lucht heen bewegen.	*waar / onwaar*
Stilstaande lucht is een goede warmte-isolator.	*waar / onwaar*

TOEPASSING

7 Een steelpan heeft vaak een houten handvat. Fabrikanten voegen die toe aan pannen, omdat hout een goede isolator is. In figuur 6 zie je een microscopische foto van hout.
Leg uit waarom hout een goede isolator is.

....

....

....



figuur 6 Microscopische foto van hout.

8 Sofie en Charelle gaan een huis met een spouwmuur bouwen. Tussen de radiatoren en de muur willen ze radiatorfolie aanbrengen. Radiatorfolie is glimmend aluminiumfolie dat ervoor zorgt dat er weinig warmte via de muur verdwijnt (figuur 7).

a Wat is de belangrijkste functie van radiatorfolie?

- ○ A warmteverlies door geleiding tegengaan
- ○ B warmteverlies door straling tegengaan
- ○ C warmteverlies door stroming tegengaan

b In een folder vinden Sofie en Charelle informatie over de besparing van aardgas bij gebruik van radiatorfolie (figuur 8).
Waarom bespaart radiatorfolie bij een steensmuur meer gas dan bij een spouwmuur?

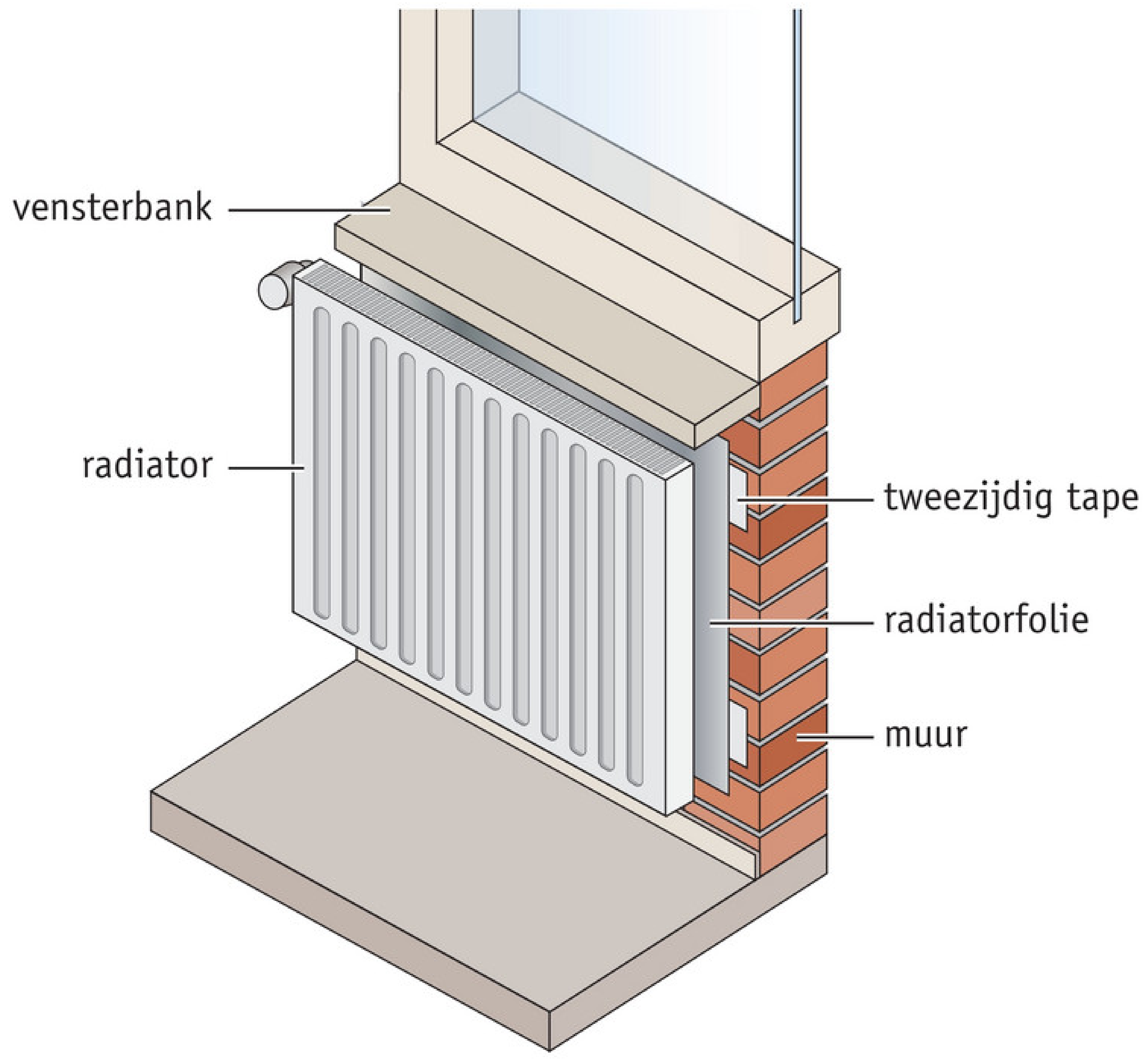
....

....

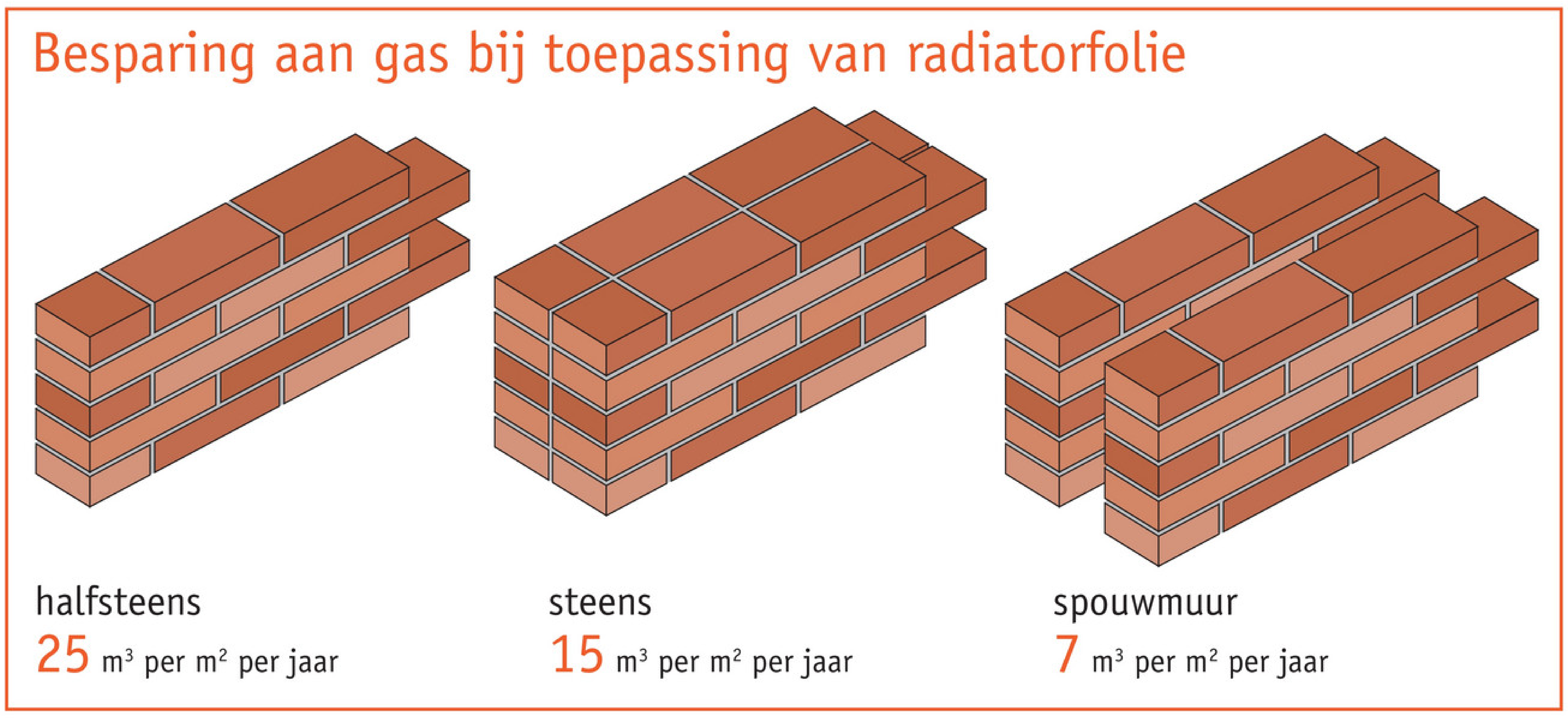
....

....

....



figuur 7 Energie besparen met radiatorfolie.



figuur 8 Informatie uit een folder over radiatorfolie.

c Sofie en Charelle brengen in totaal 5,5 m^2 radiatorfolie aan.
Reken uit met hoeveel euro hun jaarlijkse energierekening omlaag gaat. 1 m^3 aardgas kost inclusief energiebelasting € 0,75 (prijspeil 2020).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

d De radiatorfolie kost € 27,50. Het op maat snijden en vastmaken doen Sofie en Charelle zelf.
Hoelang duurt het voordat Sofie en Charelle het geld voor de radiatorfolie hebben terugverdiend?

....

....

....

9

In een thermosfles blijft hete koffie lang warm en koele frisdrank lang koud. In figuur 9 zie je de verschillende onderdelen van een thermosfles.
De ruimte tussen de houder en de glazen wand is luchtledig gemaakt.

a Welke twee soorten warmtetransport worden door vacuüm verminderd?

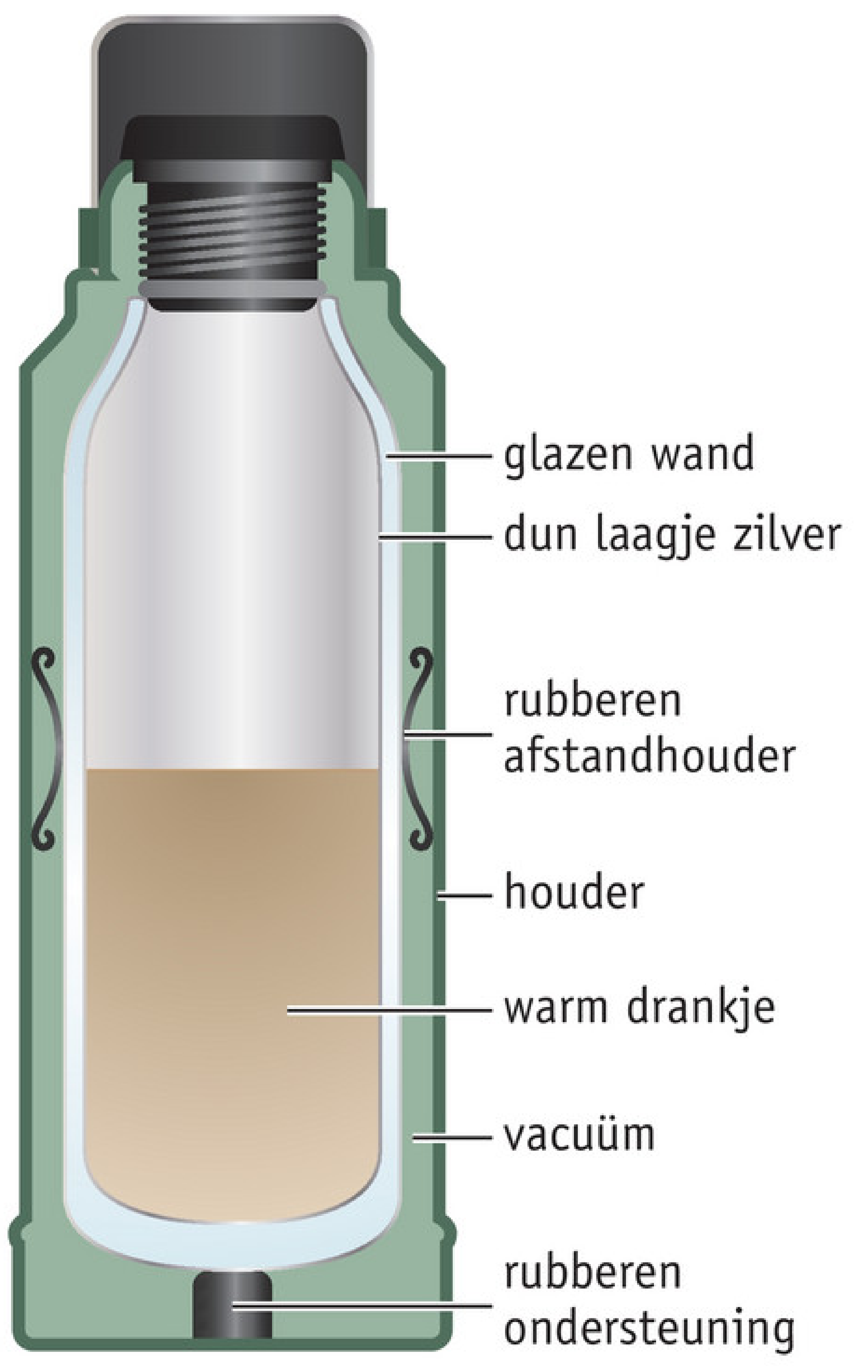
....

....

b De afstandshouders en ondersteuning zijn beide van rubber. Leg uit waarom deze van rubber zijn gemaakt en niet van staal.

....

....



figuur 9 Een thermosfles.

c Welke soort warmtetransport houden de dunne laagjes zilver op het glas tegen?

- ○ A geleiding
- ○ B straling
- ○ C stroming

10

Bas heeft een oud huis gekocht, waarvan de de spouwmuren niet zijn geïsoleerd. In een folder leest hij dat zulke muren slecht isoleren (figuur 10).

a Hoeveel warmte verdwijnt er volgens de folder per jaar:

- door 1 m² van een niet-geïsoleerde spouwmuur? ....
- door 1 m² van een goed geïsoleerde spouwmuur? ....

b Bas laat de spouwmuren van zijn huis (in totaal 55 m²) degelijk isoleren.
Hoeveel warmte verdwijnt er daardoor per jaar minder naar buiten?

....

....

....



Spouwmuurisolatie prima idee!

Een ‘lege’ spouwmuur isoleert minder goed dan veel mensen denken. Gemiddeld verdwijnt er door één vierkante meter spouwmuur 580 MJ warmte per jaar. Dat komt overeen met circa 18 m³ aardgas. Een goed geïsoleerde spouwmuur laat veel minder warmte door. Het warmteverlies door zo’n muur bedraagt slechts 260 MJ (8 m³ aardgas) per vierkante meter per jaar. Het is dus beslist aan te raden om uw spouwmuren te isoleren.

U kunt er honderden euro's per jaar mee besparen.

figuur 10 Een gedeelte uit een folder over spouwmuurisolatie.

c Hoeveel m^3 aardgas bespaart Bas op deze manier elk jaar?

....

....

....

d Met hoeveel euro gaat Bas' jaarlijkse energierekening omlaag?
1 m^3 aardgas kost inclusief energiebelasting € 0,75 (prijspeil 2020).

....

....

e In de folder staat dat je met spouwmuurisolatie 'honderden euro's per jaar kunt besparen'.
Ben jij het met deze uitspraak eens? Licht je antwoord toe.

....

....

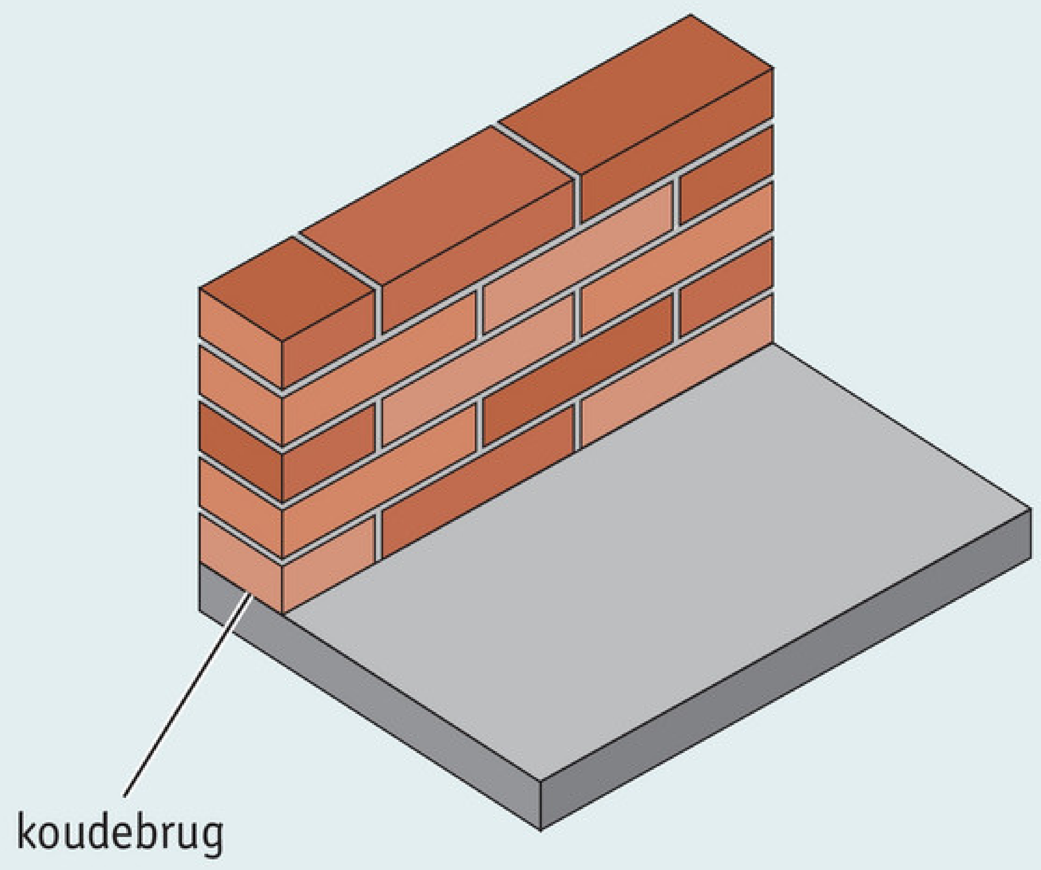
....

Test je kennis met de *Test jezelf.*

EXTRA KOUDEBRUG

11 Als je een muur direct op een betonnen vloer bouwt, zoals in figuur 11 is getekend, ontstaat een koudebrug.
Welke vorm van warmtetransport treedt op in deze koudebrug?

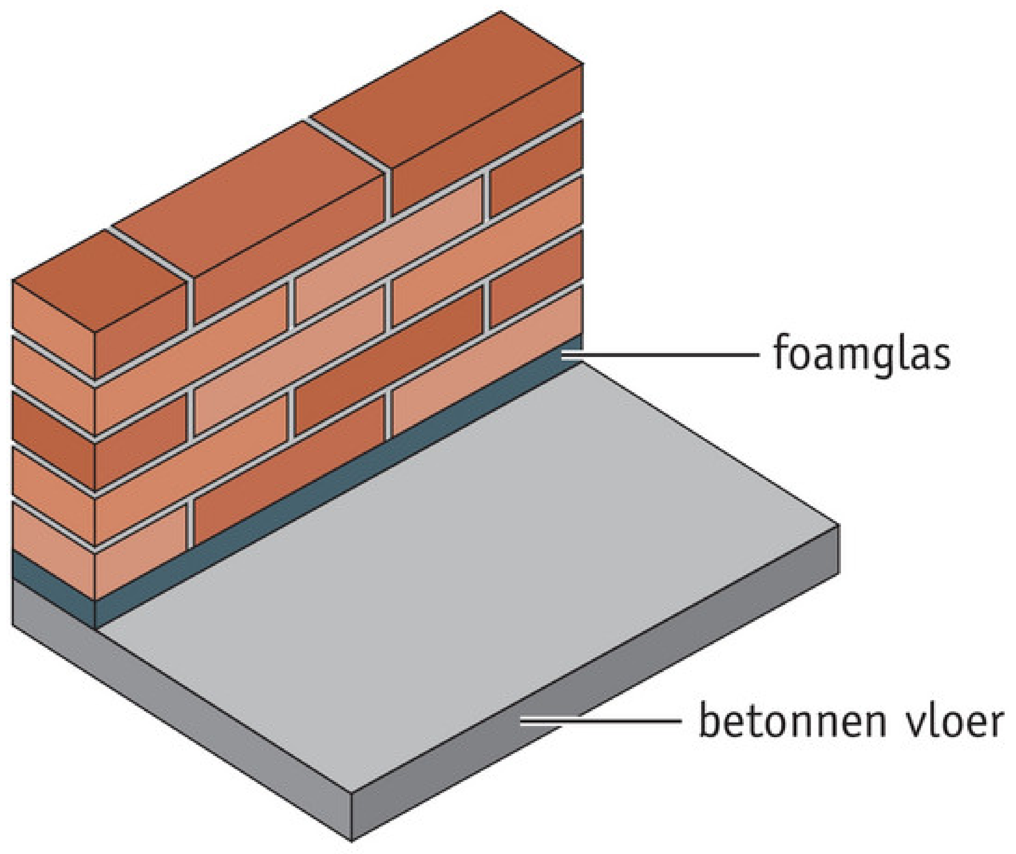
- ○ A geleiding
- ○ B straling
- ○ C stroming



figuur 11 Zo kan een koudebrug ontstaan.

12 Foamglas is een materiaal dat een koudebrug goed kan onderbreken. In een folder staan enkele eigenschappen van Foamglas (figuur 12).
Welke eigenschap geeft aan dat Foamglas geschikt is om een koudebrug tegen te gaan?

- ○ A 1
- ○ B 2
- ○ C 3
- ○ D 4



Foamglas is:

1 onbrandbaar, waterdicht en waterdampdicht.
2 maat- en vormvast en heeft een zeer hoge druksterkte.
3 een thermisch isolatiemateriaal.
4 leverbaar in platen met een dikte van 3, 4 en 6 cm.

figuur 12 Informatie over Foamglas.

Practica

PROEF 1 HET VERBAND TUSSEN TIJD EN TEMPERATUUR

40 minuten

Inleiding

Als je water verwarmt, stijgt de temperatuur van het water. Bij deze proef voer je daar onderzoek naar uit. Daarbij staat het verband tussen tijd en temperatuur centraal.

Doel

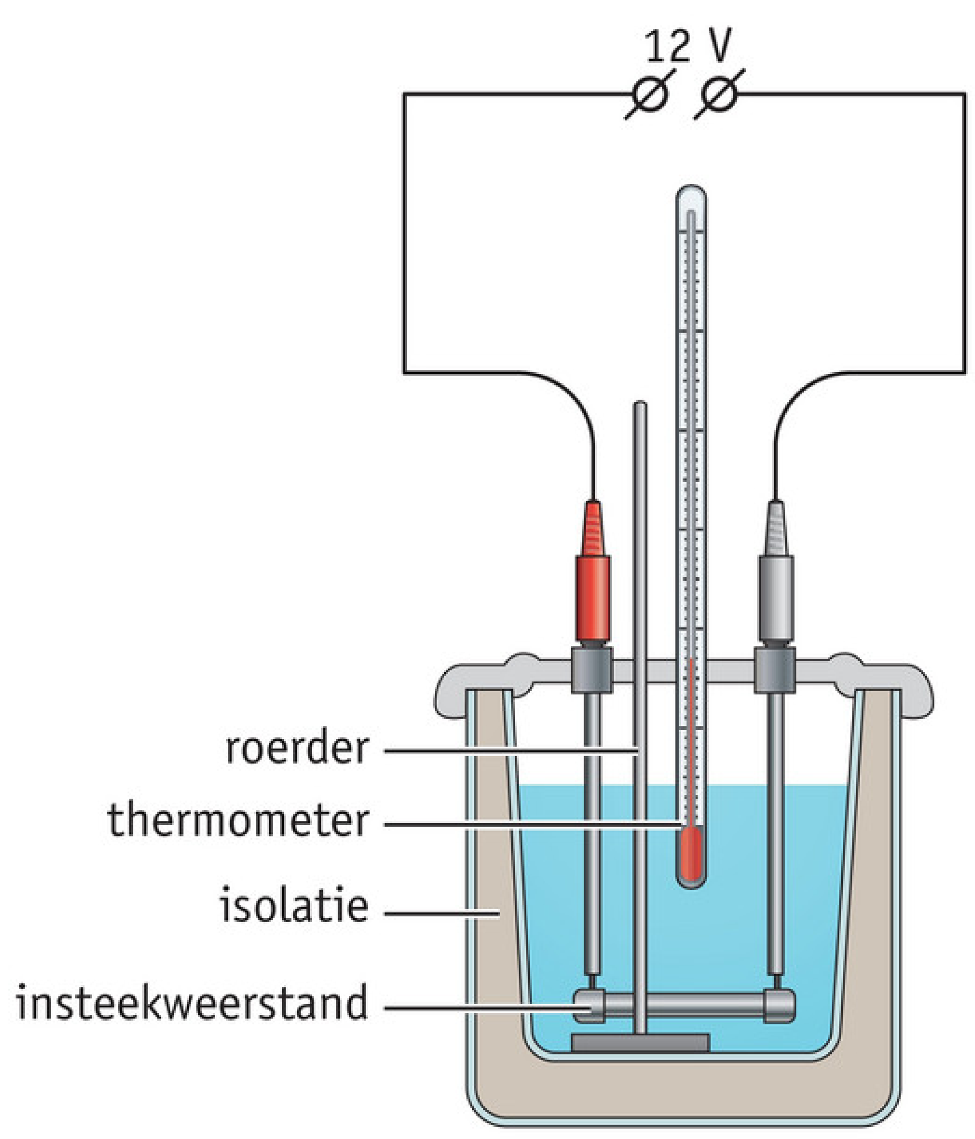
Je onderzoekt hoe het temperatuur-tijddiagram van een warmtemeter verandert als je een proef uitvoert met twee keer zoveel water. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe verandert het temperatuur-tijddiagram als je twee keer zoveel water verwarmt?

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ warmtemeter
- ☐ dompelaar
- ☐ thermometer
- ☐ roerder
- ☐ snoeren
- ☐ maatcilinder

Uitvoeren

- Doe 75 mL koud kraanwater in de warmtemeter.
- Maak de opstelling die in figuur 1 is getekend.
- Stel de spanning in op 12,0 V.
- Lees om de minuut de temperatuur af. Ga hiermee vijf minuten door. In de warmtemeter zit een roerder.



figuur 1 De opstelling van proef 1.

1 Zet de meetresultaten in kolom 2 van tabel 1.

tabel 1 De meetresultaten van proef 1.

tijd (min)	temperatuur 75 mL water (°C)	temperatuur 150 mL water (°C)
0		
1		
2		
3		
4		
5		

- Giet de warmtemeter leeg en spoel hem om met koud water.
- Doe nu 150 mL koud kraanwater in de warmtemeter.
- Maak opnieuw de opstelling die in figuur 1 is getekend.
- Stel de spanning ook nu weer in op 12,0 V.
- Lees om de minuut de temperatuur af. Ga hiermee vijf minuten door.

2 Zet de meetresultaten in kolom 3 van tabel 1.

- Ruim na vijf minuten alles weer netjes op voor je verdergaat.

Uitwerken

3 Teken in figuur 2 de twee temperatuur-tijddiagrammen in één assenstelsel.

4 Trek je conclusie: wat is het antwoord op de onderzoeksvraag?

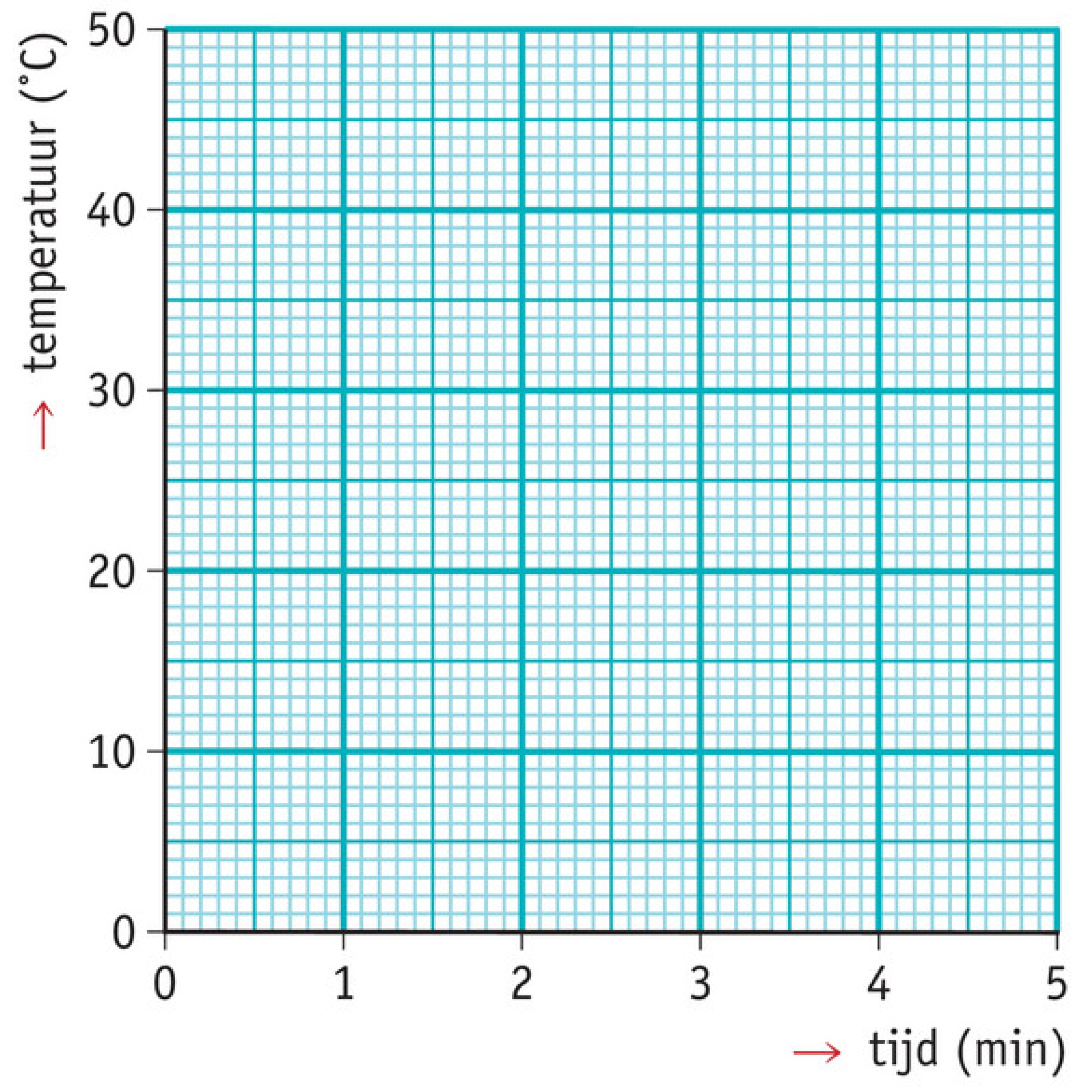
....

....

....

....

5 Welk verband bestaat er tussen de tijd en de temperatuur?
- ○ A evenredig
- ○ B lineair
- ○ C omgekeerd evenredig



figuur 2 Het temperatuur-tijddiagram van proef 1.

PROEF 2 EEN TEMPERATUUR-WARMTEDIAGRAM MAKEN

45 minuten

Inleiding

Een waterkoker zet elektrische energie om in warmte en geeft die warmte af aan het water in de waterkoker. Daardoor stijgt de temperatuur van het water. De warmtemeter waarmee je deze proef uitvoert, werkt op dezelfde manier.

Doel

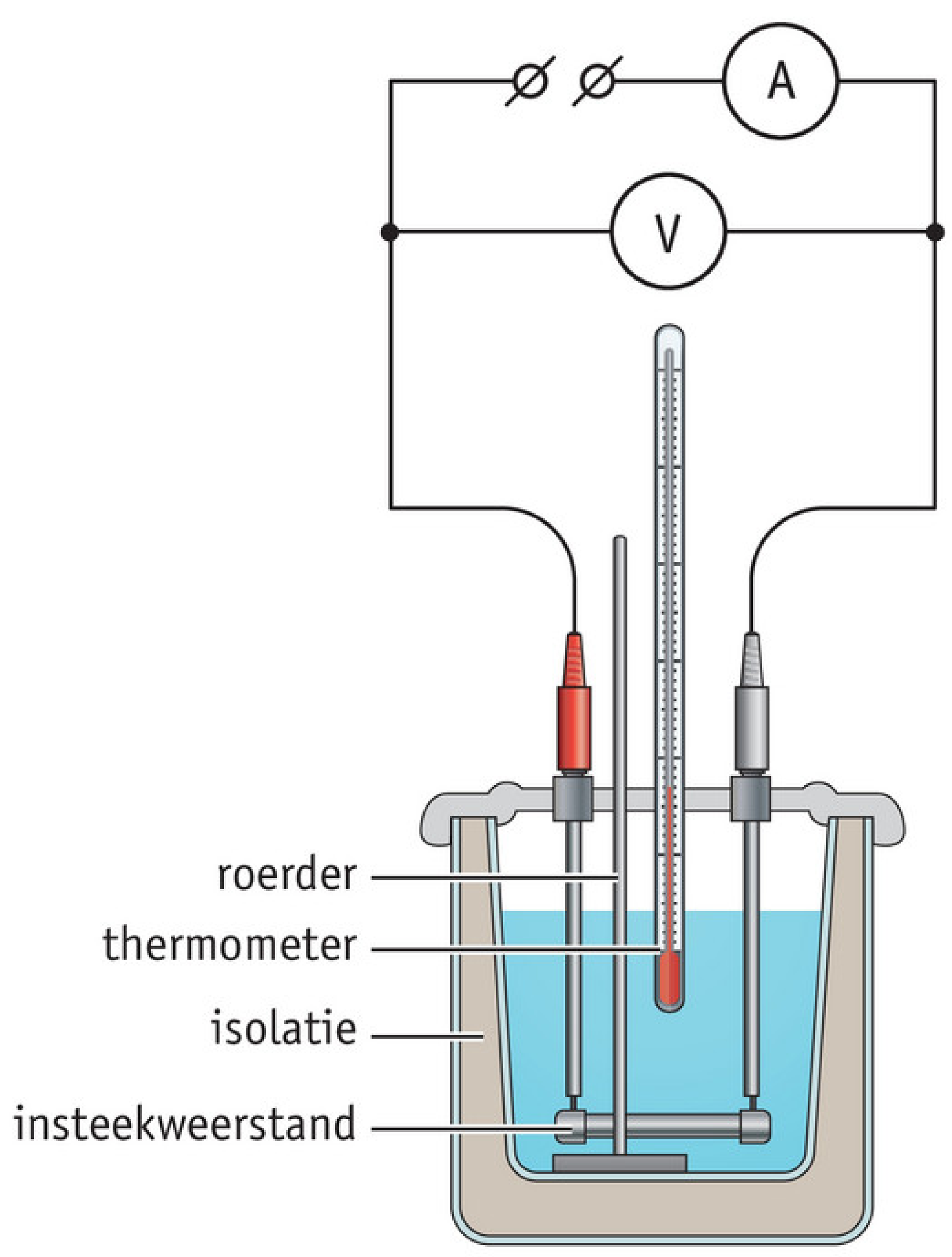
Je leert een temperatuur-warmtediagram te maken. In zo'n diagram kun je zien welk verband er bestaat tussen de hoeveelheid toegevoerde warmte en de temperatuur.

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ warmtemeter
- ☐ insteekweerstand
- ☐ thermometer
- ☐ roerder
- ☐ spanningsmeter
- ☐ stroommeter
- ☐ snoeren
- ☐ maatcilinder

Uitvoeren

- Doe 100 mL water in de warmtemeter.
- Maak de opstelling die in figuur 3 is getekend.
- Stel de spanning in op 12,0 V.
- Lees de stroomsterkte af.



figuur 3 De opstelling van proef 2.

1 Vul in: de stroomsterkte is .... A.

- Lees om de minuut de temperatuur af. Ga hiermee 10 minuten door.

2 Zet de temperatuur steeds in de tweede kolom van tabel 2.

tabel 2 De meetresultaten van proef 2.

tijd (min)	temperatuur (°C)	vermogen (W)	tijd (s)	warmte (J)
0			0	0
1			60	
2			120	
3			180	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

- Ruim na tien minuten alles weer netjes op voor je verdergaat.

Uitwerken

3 Bereken het vermogen van de insteekweerstand met $P = U \cdot I$.

....

....

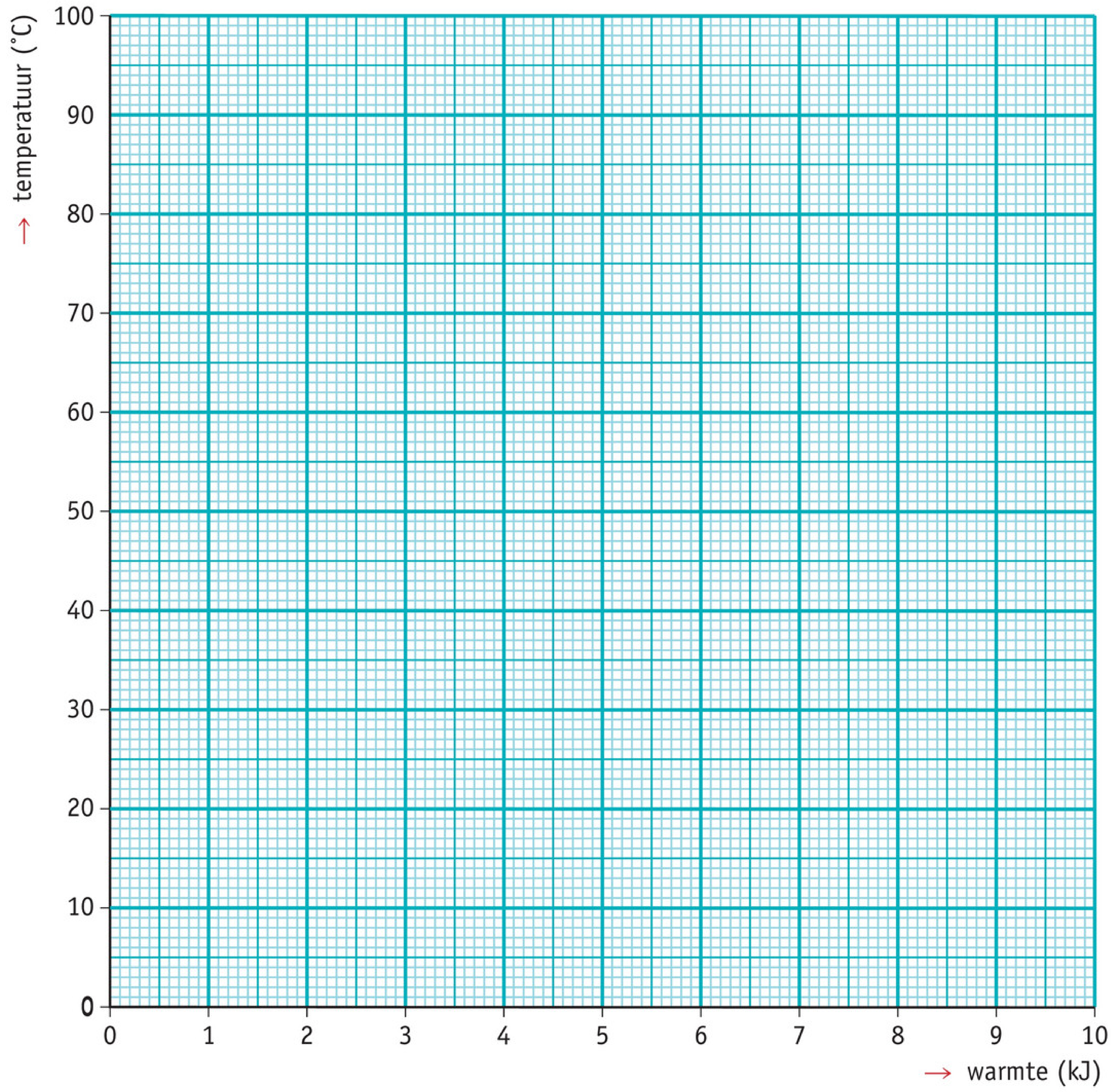
4 Zet deze waarde van het vermogen in de derde kolom van tabel 2.

5 Reken de tijd om naar seconden.

6 Vul de vierde kolom van de tabel verder in.

7 Bereken de hoeveelheid ontwikkelde warmte na 1, 2, 3 minuten, enzovoort met:
$Q = E_{el} = P \cdot t$ (gebruik t in seconden).
Zet de uitkomsten in de vijfde kolom van tabel 2.

8 Teken in figuur 4 het temperatuur-warmtediagram van de proef.



figuur 4 Het temperatuur-warmtediagram van proef 2.

9 Welk verband bestaat er tussen de warmte en de temperatuur?

- ○ A evenredig
- ○ B lineair
- ○ C omgekeerd evenredig

PROEF 3 ONDERZOEK DOEN MET EEN WARMTEMETER

45 minuten

Inleiding

Als je een vloeistof verwarmt, zal de temperatuur van de vloeistof gaan stijgen. In deze proef onderzoek je dat zelfstandig. Daarbij staat het verband tussen tijd en temperatuur centraal.

Doel

Bekijk de volgende vier onderzoeksvragen. Kies in overleg met je leraar een van deze vragen voor jouw onderzoek.

1 *Wat gebeurt er als je verschillende vloeistoffen op dezelfde manier verwarmt? Stijgt de temperatuur van die vloeistoffen dan even snel?*

2 *Welk verband bestaat er bij verschillende vloeistoffen tussen de warmte en de temperatuur? Vind je steeds hetzelfde soort verband?*

3 *Hoeveel warmte is er nodig om 100 g water te verwarmen van 20 tot 50 °C? En om 100 g olijfolie te verwarmen van 20 tot 50 °C?*

4 *Hoeveel warmte is ervoor nodig om 100 g water van 20 °C aan de kook te brengen? En om 50 g kraanwater van 20 °C aan de kook te brengen?*

Nodig
Je maakt zelf een lijst van wat je nodig hebt.

Uitvoeren
1 Zie de vaardigheid *Een onderzoek doen*.
Je maakt eerst een kort werkplan voor je onderzoek.
a Schrijf op welke onderzoeksvraag je wilt beantwoorden.

....

....

....

....

b Maak zelf een lijst van wat je nodig hebt.

....

....

....

....

....

....

c Teken de opstelling die je wilt bouwen.

d Schrijf in de juiste volgorde op welke metingen je gaat uitvoeren.

....

....

....

....

....

....

- Laat je werkplan controleren door je leraar. Breng zo nodig verbeteringen aan.
- Bouw de opstelling en voer de proef uit.

2 Schrijf alle meetresultaten op.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

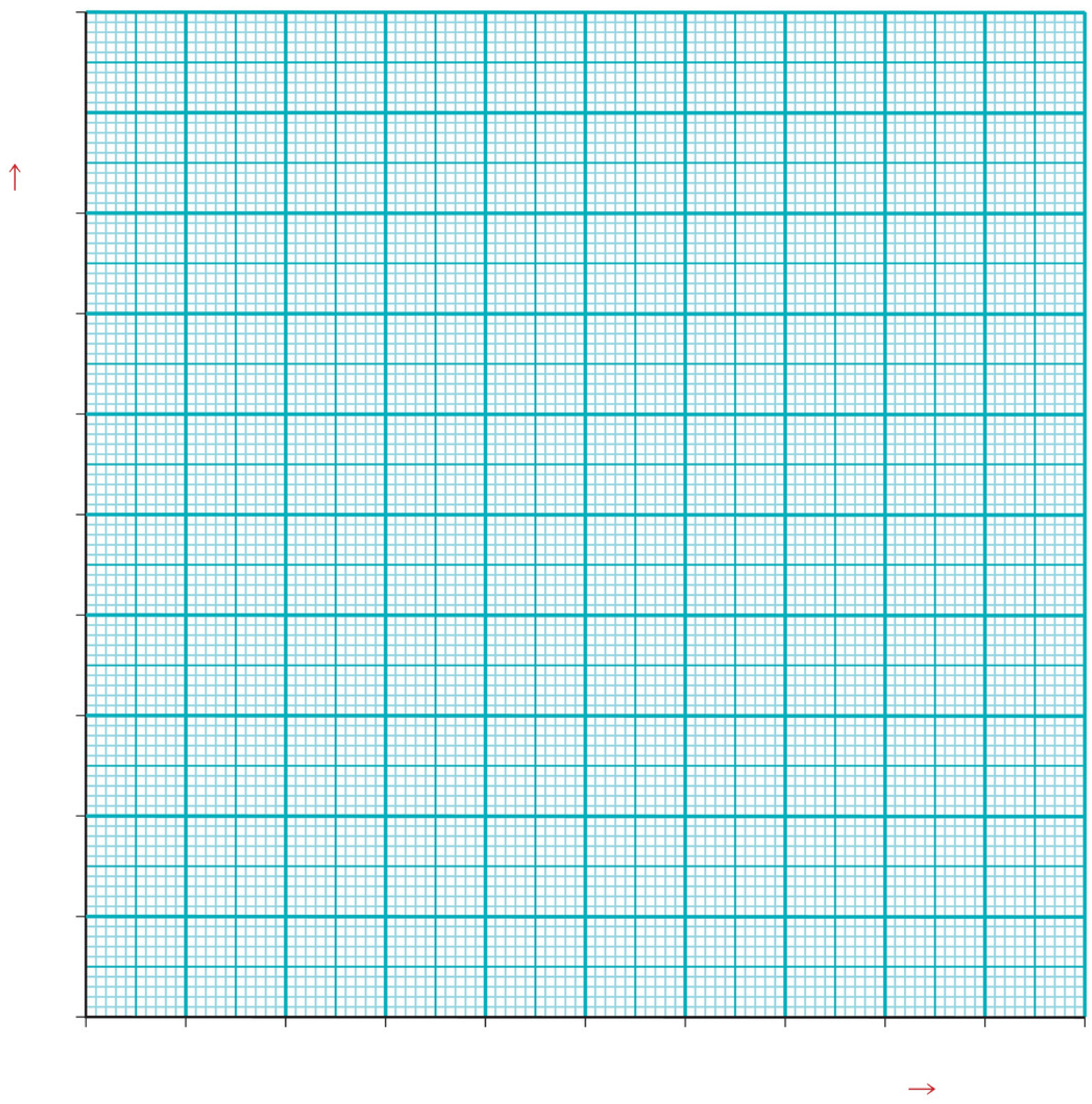
....

....

....

Uitwerken

3 Teken de temperatuur-tijddiagrammen in één assenstelsel (figuur 5).



figuur 5 De temperatuur-tijddiagrammen van proef 3.

- Maak een verslag van het onderzoek en lever het in bij je leraar.
- Ruim alles netjes op.

Leerstofoverzicht

6.1 WARMTE EN TEMPERATUUR

ONTHOUD

- Elektrische warmtebronnen zetten elektrische energie om in warmte. Dit kun je weergeven in een energie-stroomdiagram. Bij een elektrische warmtebron ontstaat evenveel warmte als er elektrische energie verdwijnt.
- Voorbeelden van elektrische warmtebronnen zijn: een dompelaar, een elektrische kookplaat en een föhn.
- De hoeveelheid warmte (Q) die een elektrische warmtebron levert, kun je berekenen met de formule: $Q = E = P \cdot t$. Als je het vermogen invult in watt (W) en de tijd in seconden (s), vind je de hoeveelheid warmte in joule (J).
- Als je een hoeveelheid water verwarmt met een dompelaar, dan zal de temperatuur van het water stijgen. Het verband tussen tijd en temperatuur kun je weergeven in een temperatuur-tijddiagram.
- Nauwkeurige proeven met warmte doe je met een warmtemeter. Hiermee kun je het verband bepalen tussen temperatuur en toegevoerde hoeveelheid warmte.

BEGRIPPEN

elektrische energie
Soort energie waarop elektrische apparaten werken.

energieomzetting
Verandering van de ene soort energie in een andere soort energie.

energie-stroomdiagram
Diagram waarin een energieomzetting wordt weergegeven: links staat de soort energie die het apparaat opneemt; rechts staat de soort energie (of de soorten energie) die het apparaat afstaat.

temperatuur-tijddiagram
Diagram waarin je de temperatuur (van bijvoorbeeld een vloeistof die je verwarmt) uitzet tegen de tijd.

temperatuur-warmtediagram
Diagram waarin je de temperatuur uitzet tegen de hoeveelheid toegevoerde warmte.

warmte
Soort energie die door een warmtebron wordt geleverd.

warmtebron
Voorwerp of apparaat dat warmte levert.

warmtemeter
Goed geïsoleerd bakje van metaal of plastic waarin een vloeistof wordt verwarmd door middel van een dompelaar. De temperatuur van die vloeistof meet je met een thermometer.

6.2 BRANDSTOFFEN VERBRANDEN

ONTHOUD

- Voorbeelden van warmtebronnen waarin chemische energie wordt omgezet zijn: een cv-ketel, een kachel, een gasfornuis en een gasbrander.
- Elke brandstof heeft zijn eigen verbrandingswarmte. Met de verbrandingswarmte kun je uitrekenen hoeveel warmte een bepaalde hoeveelheid brandstof kan leveren. Voor de verbrandingswarmte gebruik je drie verschillende eenheden: MJ/kg voor vaste stoffen, MJ/L voor vloeistoffen en MJ/m^3 voor gassen. Voor berekeningen met verbrandingswarmte kun je het best een verhoudingstabel gebruiken.
- Het reactieschema voor de verbranding van aardgas is:
methaan + zuurstof → koolstofdioxide + water
- Het ontstaan van water kun je aantonen met wit kopersulfaat, het ontstaan van koolstofdioxide met kalkwater.
- Soms is er te weinig zuurstof aanwezig bij een verbranding. De verbranding is dan onvolledig. Er ontstaan dan koolstofmono-oxide en roet. Koolstofmono-oxide is een reukloos, kleurloos en zeer giftig gas. Ieder jaar overlijden mensen door inademing van dit gas door bijvoorbeeld een verstopte luchttoevoer.
- Om de temperatuur in kelvin (K) te vinden, moet je 273 optellen bij de temperatuur in graden Celsius. Om van kelvin terug te rekenen naar graden Celsius, moet je 273 van de temperatuur in kelvin aftrekken.

BEGRIPPEN

chemische energie
Soort energie die elke brandstof bevat.

koolstofmono-oxide
Reukloos, kleurloos en zeer giftig gas dat ontstaat bij onvolledige verbranding van brandstoffen.

verbrandingswarmte
Hoeveelheid warmte die een bepaalde hoeveelheid brandstof kan leveren.

6.3 WARMTETRANSPORT

ONTHOUD

- Warmtetransport vindt op drie manieren plaats: via geleiding, stroming en straling.
- Warmtetransport vindt plaats van een plek met de hoogste temperatuur naar de plek met de laagste temperatuur.
- Bij geleiding verplaatst de warmte zich door een stof die zelf niet in beweging is.
- Metalen zijn goede warmtegeleiders. Hout, plastic, lucht en water zijn voorbeelden van stoffen die warmte slecht geleiden.
- Bij stroming vervoert een gas of een vloeistof de warmte van de ene plek naar de andere plek. Bij stroming beweegt de warmte dus niet door de vloeistof of het gas heen.
- Infrarode straling en licht kunnen warmte vervoeren van een voorwerp met hoge temperatuur naar een voorwerp met een lagere temperatuur. Voor warmtetransport door straling is geen tussenstof nodig.
- Donkergekleurde voorwerpen absorberen licht en infrarode straling goed. Lichtgekleurde en glanzende voorwerpen absorberen weinig licht en infrarode straling. Zij kaatsen de straling juist terug.

BEGRIPPEN

geleiding
Warmtetransport door een stof die zelf niet beweegt.

straling
Warmtetransport door infrarode straling en licht.

stroming
Warmtetransport waarbij de warmte door een gas of vloeistof wordt meegenomen.

warmtegeleider
Stof waar warmte gemakkelijk doorheen gaat.

warmtetransport
Verschijnsel dat warmte uit zichzelf beweegt van de plaats met de hoogste temperatuur naar de plaats met de laagste temperatuur.

6.4 ISOLEREN

ONTHOUD

- Een huis verliest zijn warmte door:
  - geleiding: de warmte beweegt door muren en ruiten naar buiten;
  - stroming: stromende lucht neemt warmte mee naar buiten;
  - straling: ‘warme’ muren en ruiten stralen warmte uit.
- De warmte die het huis verliest, moet meteen weer worden aangevuld, anders daalt de temperatuur in huis steeds verder. De cv-ketel of warmtepomp is bij koud weer voortdurend in bedrijf om de temperatuur in huis op peil te houden.
- Als een huis slecht is geïsoleerd, verdwijnt er veel warmte naar buiten. Het warmteverlies van een huis kun je tegengaan door het huis te isoleren.
- Een huis kun je isoleren door:
  - tegen muren, daken en vloeren isolatiemateriaal aan te brengen. Isolatiematerialen zitten vol met kleine ruimtes waar lucht in zit. Deze geleiden de warmte slecht.
  - dubbelglas te plaatsen. Dubbelglas isoleert goed door een laag stilstaande lucht tussen de twee glasplaten.
  - spouwmuurisolatie te plaatsen. Het isolatiemateriaal in de spouw voorkomt straling en stroming. Hierdoor vindt alleen warmtetransport door geleiding plaats. Het isolatiemateriaal geleidt de warmte slecht.
  - glanzende folie achter radiatoren aan te brengen. Deze folie kaatst de straling terug de kamer in.
- Door te isoleren kun je het energieverbruik voor verwarming van een woning omlaag brengen. Dit is goed voor het milieu en je bespaart geld.

BEGRIPPEN

dubbelglas
Ruit die bestaat uit twee glasplaten met daartussen een laag stilstaande lucht.

isolatiemateriaal
Materiaal met kleine ruimtes lucht, dat warmte slecht geleidt en stroming tegengaat.

spouw
Met lucht gevulde ruimte tussen de binnenmuur en buitenmuur van een gebouw.

warmteverlies
Verschijnsel dat warmte vanzelf uit een gebouw verdwijnt door geleiding, straling en stroming.

Ga naar de *Flitskaarten*.

7 Materialen

MATERIALEN GEBRUIKEN

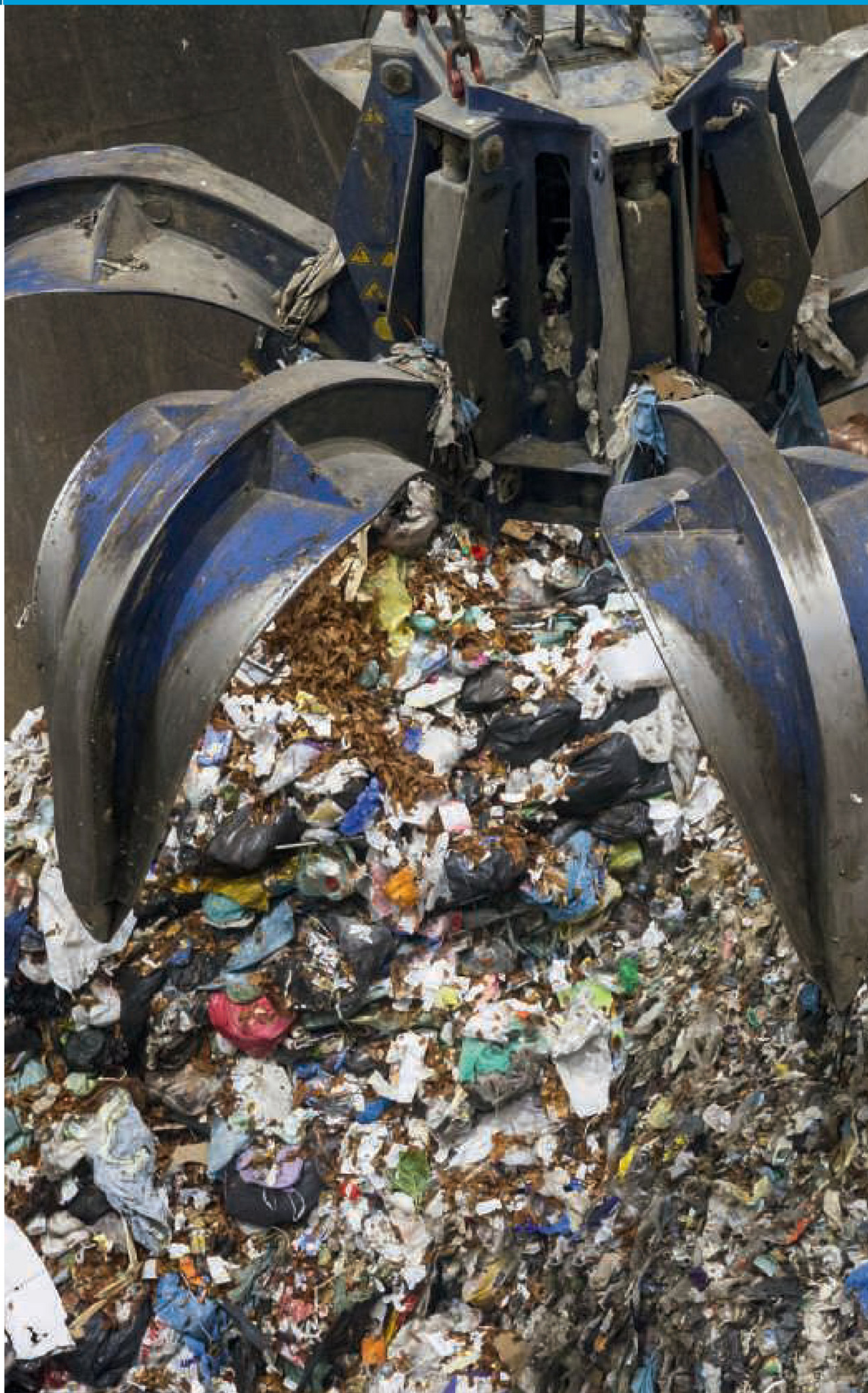
In Nederland gebruiken we veel materialen. Materialen zijn stoffen waarmee je iets kunt maken. Denk maar eens aan alle spullen die je hebt en aan alle verpakkingsmaterialen die je dagelijks gebruikt. Uiteindelijk komen alle gebruikte materialen bij een afvalverwerkingsbedrijf terecht, waar ze bijvoorbeeld worden gerecycled.

INTRODUCTIE

THEORIE

PRACTICA

AFSLUITING





Wat weet je al over stoffen?

LEERDOELEN

1 Je kunt uitleggen wat het verschil is tussen een mengsel en een zuivere stof.
2 Je kunt het volume van een hoeveelheid vloeistof bepalen.
3 Je kunt uitleggen wat de dichtheid van een stof is en in welke eenheid dichtheid wordt uitgedrukt.
4 Je kunt de dichtheid van een stof bepalen als de massa en het volume zijn gegeven.
5 Je kunt het reactieschema opschrijven van de volledige verbranding van aardgas.
6 Je kunt vijf stofeigenschappen benoemen en daarmee stoffen van elkaar onderscheiden.

In deel 1-2 van Nova nask en in de hoofdstukken 4 en 6 van leerjaar 3 heb je al een aantal dingen over materialen geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Stoffen bestaan uit moleculen.

a Als een stof uit één soort moleculen bestaat, dan noem je deze stof een ....

b Meerdere stoffen die door elkaar zijn gemengd, noem je een ....

2 Met de onderdompelmethode kun je het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm bepalen (figuur 1).
Bepaal het volume van de steen.

....

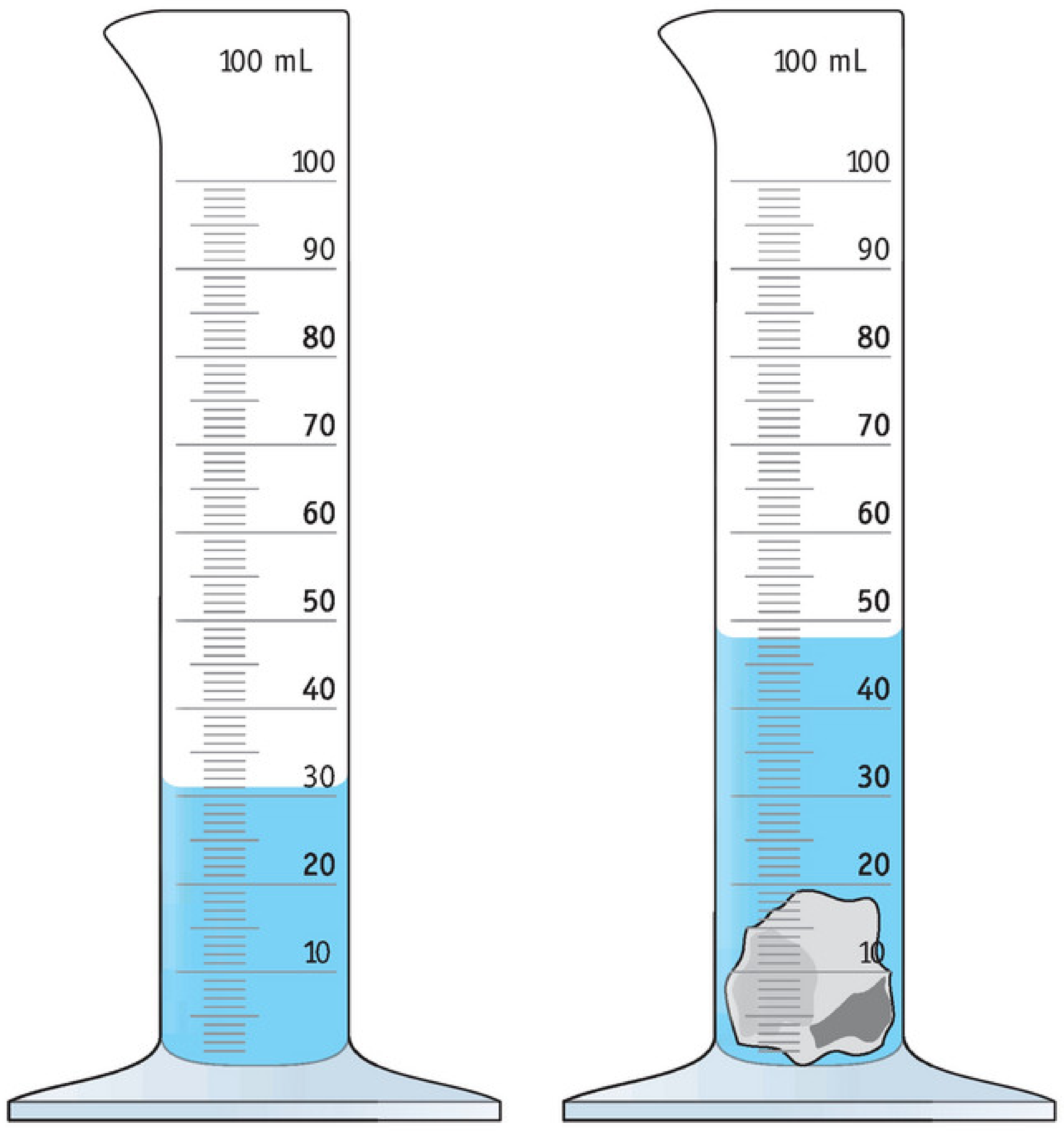
....

....

....

....

....



figuur 1 De onderdompelmethode.

3 Bij een proef krijg je een blok staal en een blok aluminium van elk 1 kg.
De dichtheid van staal is 7,8 g/cm^3 en de dichtheid van aluminium is 2,7 g/cm^3.
Het blok *aluminium* / *staal* heeft het grootste volume.

4 Wat is een juiste eenheid van dichtheid?

- ○ A cm^3/g
- ○ B g/cm^3
- ○ C g/kg
- ○ D kg/g
- ○ E mL/cm^3
- ○ F mL/kg

5 De dichtheid van een stof bereken je met de formule: dichtheid = $\frac{\text{massa}}{\text{volume}}$

Een messing staaf heeft een massa van 680 gram. Het volume van de staaf is 80 cm^3.
Bereken de dichtheid van messing.

....

....

6 **a** Welke twee gassen ontstaan als je een brandstof volledig verbrandt?

....

....

b Vul het reactieschema van de volledige verbranding van aardgas in.

aardgas + ... → .... + ...

7 Aan welke eigenschappen kun je stoffen herkennen?
brandbaarheid – elektrische geleiding – kleur – massa – oplosbaarheid in water – volume – vorm

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Materialen toepassen

LEERDOELEN

7.1.1 Je kunt drie eigenschappen noemen die belangrijk zijn voor een constructiemateriaal.

7.1.2 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met 'verspanen' en 'verspanende bewerkingen'.

7.1.3 Je kunt de keuze van materialen voor verschillende toepassingen toelichten.

EXTRA 7.1.4 Je kunt uitleggen dat de functie van een tent bepalend is voor de materiaalkeuze.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4
Onthouden	3a, 4	1	2, 3bc, 5	
Begrijpen	7	6	9, 10abc, 11, 12	13ab, 14ab
Toepassen				14c
Analyseren			8ab	14d

Mensen maken huizen van allerlei materialen: van steen, van hout, van gedroogde modder, van riet en zelfs van sneeuw. Waarom kiezen mensen voor een bepaald materiaal?

MATERIALEN GEBRUIKEN

Om gebouwen, verpakkingen, kledingstukken, gereedschap, muziekinstrumenten of wat dan ook te maken, heb je **materialen** nodig. Je gebruikt bijvoorbeeld baksteen voor de bouw van huizen, kunststoffolie voor verpakkingen, katoen voor T-shirts, staal voor zaagbladen, hout voor gitaren, enzovoort.

Elk materiaal heeft eigenschappen die het geschikt maken voor sommige toepassingen en ongeschikt voor andere. Als je een materiaal kiest, kijk je of het de juiste eigenschappen heeft. Daarnaast let je ook op de prijs en de beschikbaarheid: of het materiaal snel in voldoende hoeveelheden kan worden geleverd. Prijs en beschikbaarheid zijn geen eigenschappen van het materiaal zelf, maar spelen wel een belangrijke rol bij je materiaalkeuze.

HOUT

Hout is een geschikt constructiemateriaal voor een stoel. Om te beginnen is hout goed bestand tegen druk- en trekkrachten. Dat is voor deze toepassing beslist nodig: op een stoel worden flinke krachten uitgeoefend als mensen erop zitten, hangen, erop staan, enzovoort.

Hout is ook gemakkelijk te bewerken. Je kunt het zagen en schaven en erin beitelen en boren. Met deze bewerkingen geef je een bepaalde vorm aan het hout (figuur 1). De stukjes materiaal die je daarbij weghaalt (krullen als je schaaft, zaagsel als je zaagt, enzovoort) noem je spanen. Je zegt daarom dat hout gemakkelijk **verspaanbaar** is. Dat is een belangrijke eigenschap voor een constructiemateriaal.

Met een constructiemateriaal moet je ook stevige **verbindingen** kunnen maken. Hout is wat dat betreft een veelzijdig materiaal. Je kunt houten onderdelen op allerlei manieren met elkaar verbinden: met spijkers, met schroeven, met pennen, met lijm en met bouten en moeren (figuur 2).



figuur 1 Het draaien van hout is een verspanende bewerking.



figuur 2 Pen-en-gatverbindingen zijn een eeuwenoude verbindingstechniek.

GLAS

Glas was vroeger een populair verpakkingsmateriaal. Veel dranken werden verpakt in glazen flessen. De voordelen van glas zijn duidelijk. Glas houdt zowel vloeistoffen als gassen tegen. Wat in een fles zit, kan niet naar buiten, en wat buiten de fles is, kan niet naar binnen. Verder geeft glas geen stoffen af aan de vloeistof in de fles en glas wordt niet aangetast door de zuren die in veel dranken zitten.

Tegenover al die voordelen staat één belangrijk nadeel: glas is breekbaar. Om te voorkomen dat het glas breekt, wordt voor flessen vrij dik glas gebruikt. Glazen flessen zijn daardoor zwaarder dan andere verpakkingen en toch nog behoorlijk kwetsbaar.

Dranken worden tegenwoordig vaak in andere materialen verpakt: blik, aluminium, bepaalde kunststoffen en karton (figuur 3). Met deze materialen kun je verpakkingen maken die licht zijn en niet breken. Toch wordt ook glas nog wel gebruikt, bijvoorbeeld voor alcoholische dranken.



figuur 3 Verschillende manieren om dranken te verpakken.

POLYETHEEN

Polyetheen (PE) is een kunststof die op grote schaal wordt gebruikt. Er zijn verschillende soorten PE, waarvan LDPE (lagedichtheid-polyetheen) en HDPE (hogedichtheid-polyetheen) de belangrijkste zijn (figuur 4). LDPE heeft een dichtheid van ongeveer 0,92 g/cm^3, HDPE van ongeveer 0,95 g/cm^3.



figuur 4 LDPE en HDPE herken je aan deze symbolen.

LDPE is taai en buigzaam. Het wordt gebruikt als verpakkingsfolie en als landbouwplastic. Plastic tassen, diepvrieszakjes en plastic wegwerphandschoenen zijn ook van LDPE gemaakt. Voor voorwerpen die stevig moeten zijn, zoals een emmer of een speelgoedauto, is LDPE niet geschikt. Daarvoor vervormt het te gemakkelijk.

HDPE is veel stijver dan LDPE. Het wordt onder andere gebruikt voor emmers, kratten, benzinetanks en speelgoed. Vloeistoffen zoals melk, water, shampoo en afwasmiddel worden vaak verpakt in flessen van HDPE. HDPE heeft dezelfde voordelen als glas, maar is vrijwel onbreekbaar. Je kunt er lichte, sterke flessen van maken.

COMPOSIETEN

Carbonfiber (meestal carbon genoemd) bestaat uit een kunststof die is versterkt met koolstofvezels. Zo'n materiaal dat uit twee bestanddelen bestaat (kunststof en vezels), noem je een **composiet**. Carbonfiber heeft een kleine dichtheid en is extreem sterk. Zijn sterkte dankt het aan de vezels in het materiaal. Deze vezels kunnen grote trekkrachten opvangen.

De combinatie van kleine dichtheid en grote sterkte is erg belangrijk in de sport. Tennisrackets, golfclubs, racefietsframes en surfplankmasten worden daarom vaak van carbonfiber gemaakt. De prijs is relatief hoog, maar dat is voor topsporters geen bezwaar. Het leveren van topprestaties staat voor hen voorop (figuur 5).



figuur 5 Licht én sterk is ook in het veldrijden een winnende combinatie.

Carbonfiber bestaat nog niet zo lang. Het wordt pas sinds de jaren 1980 op grote schaal toegepast. Voor die tijd werden andere materialen gebruikt, zoals hout voor tennisrackets en staal of aluminium voor racefietsframes.

Bedrijven ontwikkelen steeds weer nieuwe materialen. Ze investeren daar veel geld in. Met nieuwe materialen kunnen betere of goedkopere producten worden gemaakt. Een racefiets van nu ziet er niet veel anders uit dan een racefiets uit 1960, maar je kunt er vooral dankzij de nieuwe materialen die erin zijn toegepast wel veel beter mee presteren.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA TENTEN ONTWERPEN

Er zijn tenten in allerlei soorten. Elke soort tent is ontworpen voor een bepaalde groep gebruikers. De tent in figuur 6 is bedoeld voor ‘backpackers’: mensen die willen reizen met alleen een lichte rugzak als bagage. Zo’n tent is natuurlijk niet geschikt voor een gezin dat lekker luxe wil kamperen.

Een ontwerper moet goed kijken naar het doel van de tent: niet alleen bij het kiezen van het model, maar ook bij de materiaalkeuze. Voor een backpacker is een laag gewicht erg belangrijk. Een ontwerper kiest in dat geval voor materialen met een lage dichtheid: glasvezel voor de tentstokken, nylon voor het tentdoek en titanium voor de haringen.

Voor mensen die luxe willen kamperen, staat het comfort voorop. Ontwerpers kiezen dan vaak voor tentdoek van ‘zwaargewicht’ katoen. Dat is vochtregulerend en ademend, waardoor het klimaat in de tent aangenaam is.



figuur 6 Een ultralichte tent voor de backpacker.

LEERSTOF

1 Welke bewerkingen zijn verspanend?

☐ A boren
☐ B buigen
☐ C schaven
☐ D zagen

2 Een materiaal zoals carbonfiber dat bestaat uit kunststof en vezels noem je

een ....

3 Bij het kiezen van een materiaal kijk je of het de juiste eigenschappen heeft.

a Geef drie eigenschappen waardoor hout een geschikt constructiemateriaal is.

....

....

....

....

b Geef drie eigenschappen waardoor glas een geschikt verpakkingsmateriaal voor vloeistoffen is.

....

....

....

....

c Geef twee eigenschappen waardoor carbonfiber een geschikt materiaal voor het maken van sportartikelen is.

....

....

....

4 Hout is een veelgebruikt constructiemateriaal. Een van de voordelen van hout is dat je gemakkelijk stevige verbindingen kunt maken tussen verschillende onderdelen.
Schrijf vier manieren op om houten onderdelen stevig aan elkaar te verbinden.

....

....

....

....

5 Dranken werden vroeger bijna altijd in glas verpakt. Nu wordt vaak gekozen voor andere verpakkingsmaterialen.
Geef twee redenen waarom producenten geen glas meer gebruiken.

....

....

....

TOEPASSING

6 In figuur 7 zie je een professionele racefiets. Het frame van deze fiets is gemaakt van carbonfiber.
Schrijf twee materiaaleigenschappen op waardoor carbonfiber geschikt is voor deze toepassing.

....

....

....

....

....



figuur 7 Een moderne racefiets met een frame van carbonfiber.

7 Veel voorwerpen bestaan uit onderdelen die afzonderlijk worden gemaakt. Pas daarna worden ze aan elkaar verbonden. Bekende verbindingsmethoden zijn:
klemmen – lassen – lijmen – naaien – schroeven – solderen
Welke methode wordt gebruikt om een verbinding te maken:

- tussen het dak en de dakstijlen van een auto? ....
- tussen het etiket en het glas van een colaflesje? ....
- tussen de handvatten en het stuur van een fiets? ....
- tussen de planken en de palen van een schutting? ....
- tussen de mouwen en het voorpand van een T-shirt? ....
- tussen de weerstandjes van een schakeling en de printplaat? ....

★ 8

Voor verpakkingen van levensmiddelen en dranken wordt zowel kleurloos glas als gekleurd glas gebruikt.

a Waarom worden groenten als worteltjes en doperwtjes vaak verpakt in glazen potten van kleurloos glas?

....

....

b Waarom worden dranken als bier en wijn verpakt in flessen van donkerbruin en groen glas?

....

....

Werken als meubelmaker — beroep



Sharon (29 jaar) is meubelmaker. Zij maakt samen met een vriend exclusieve houten meubels op maat. Sharon vertelt: “Met één tafel zijn we samen al gauw vijf dagen bezig. Per jaar maakt ons bedrijf ongeveer vijftig tafels. De klanten kiezen zelf de houtsoort en vaak maken wij dan een ontwerp.”
Sharon heeft eerst een jaar de opleiding tot Verkoopspecialist Retail gedaan, maar dat bleek geen goede keuze. Daarna is ze gaan doen wat ze eigenlijk altijd al wilde: houtbewerken. De opleiding Allround meubelmaker (mbo, niveau 3) leek haar de beste keuze.
Binnen een jaar wil Sharon extra personeel aantrekken, zodat ze de productie kan verhogen.

9

Lees de tekst ‘Werken als meubelmaker’.
Meubelmakers gebruiken verschillende gereedschappen voor de bewerking van hout.
Met welke vijf werktuigen kun je verspanende bewerkingen uitvoeren?
beitel – hamer – lijmklem – schaaf – schroevendraaier – schuurmachine – vijl – zaag

10

Piepschuim bestaat uit een kunststof waarin een groot aantal gasbelletjes zit opgesloten. Het materiaal absorbeert schokken erg goed. Het heeft een kleine dichtheid en het is een slechte warmtegeleider.
Welke eigenschap van piepschuim is het belangrijkst:

a als je het gebruikt als schuimkern in een surfplank?

....

b als je het gebruikt als isolatiemateriaal in een koelkast?

....

c als je het gebruikt in een verpakking voor dure apparaten?

....

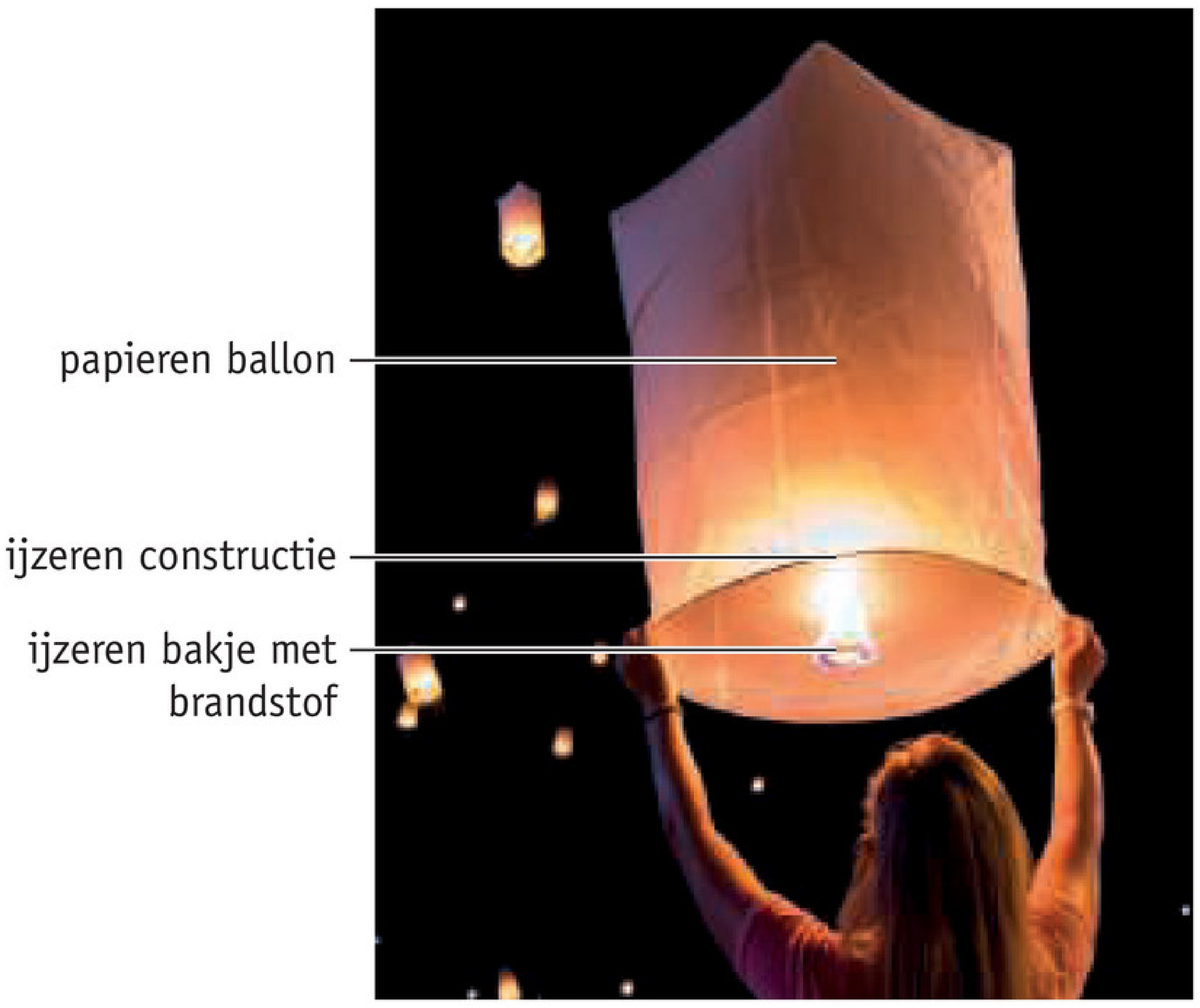
11 Tijdens feestelijkheden kun je een papieren wensballon laten opstijgen (figuur 8). De papieren wensballon heeft een ijzeren constructie. IJzer en papier zijn recyclebaar. Schrijf van elk materiaal nog een materiaaleigenschap op die het geschikt maakt voor deze toepassing.

- papier: ....

....

- ijzer: ....

naar: examen 2019-I



figuur 8 Een wensballon van ijzer en papier.

12 De Boeing 737 MAX kan bijna 200 personen en hun bagage vervoeren (figuur 9). Het toestel kan dus veel lading in de lucht meenemen. De romp en de vleugels van deze Boeing zijn gemaakt van een aluminium legering.
Schrijf twee stofeigenschappen op die aluminium geschikt maken voor deze onderdelen.

....

....



figuur 9 Een Boeing 737 MAX maakt zich klaar voor de landing.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA TENTEN ONTWERPEN

13 In een tent kan condensvorming optreden. Als je 's ochtends wakker wordt, is de binnenkant van de tent nat. De waterdamp in de tent is 's nachts gaan condenseren.

a Wanneer is de kans op condensvorming groter:

- als je in een katoenen tent slaapt of in een tent van nylon?

....

....

- als het 's nachts koud is of als het 's nachts lekker warm blijft?

....

....

....

b Moderne tenten hebben openingen waardoor frisse lucht binnen kan komen.
Hoe komt het dat er bij een goede ventilatie minder kans op condensvorming is?

....

....

14 Katja en Mark willen een nieuwe tent kopen. Ze lezen in de folder van een bekende tentenfabrikant:

> Het doek waarvan wij onze tenten maken is 320 g/m^2.

a Volgens Mark is hier de dichtheid van het tentdoek gegeven.
Waarom heeft Mark ongelijk?

....

....

....

....

b In de folder staat ook:

> Het gewicht van de tent zonder stokken en haringen is 35 kg.

Natuurkundig gezien klopt dit niet.
Verbeter deze zin zodat er een natuurkundig juiste zin staat.

....

....

c Ga ervan uit dat de hele tent is gemaakt van het doek uit de folder.
Bereken de oppervlakte van het tentdoek.

....

....

....

....

....

d In werkelijkheid is niet de hele tent van hetzelfde doek gemaakt. In de folder staat:

Grondzeil

Voor alle tenten die zijn gemaakt van 320-grams doek (320 g/m^2) gebruiken wij voor het grondzeil doek van ongeveer 650 g/m^2.

Als je er rekening mee houdt dat voor het grondzeil een ander doek wordt gebruikt, bereken je voor de tent een andere oppervlakte.
Vergeleken met het doek van de rest van de tent is het doek van het grondzeil per vierkante meter *lichter* / *zwaarder*. Daardoor wordt de berekende oppervlakte *kleiner* / *groter*.

2 Van grondstof tot product

LEERDOELEN

7.2.1 Je kunt vier belangrijke stappen beschrijven in het productieproces van een product.
7.2.2 Je kunt grondstof, halffabricaat en eindproduct herkennen in een praktijkvoorbeeld.
7.2.3 Je kunt drie gevolgen noemen die het maken van producten heeft voor het milieu.
EXTRA 7.2.4 Je kunt het productieproces van een kunststof voorwerp beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	7.2.1	7.2.2	7.2.3	7.2.4	7.1.1*	7.1.3*
Onthouden	1abcd, 3, 4b	4c	5	13, 14a	4a	
Begrijpen	2	7abc, 12ace	6bc, 8a, 9, 10, 12bd	14b		11ab
Toepassen			6a, 8b	15		
Analyseren			8c	14c		

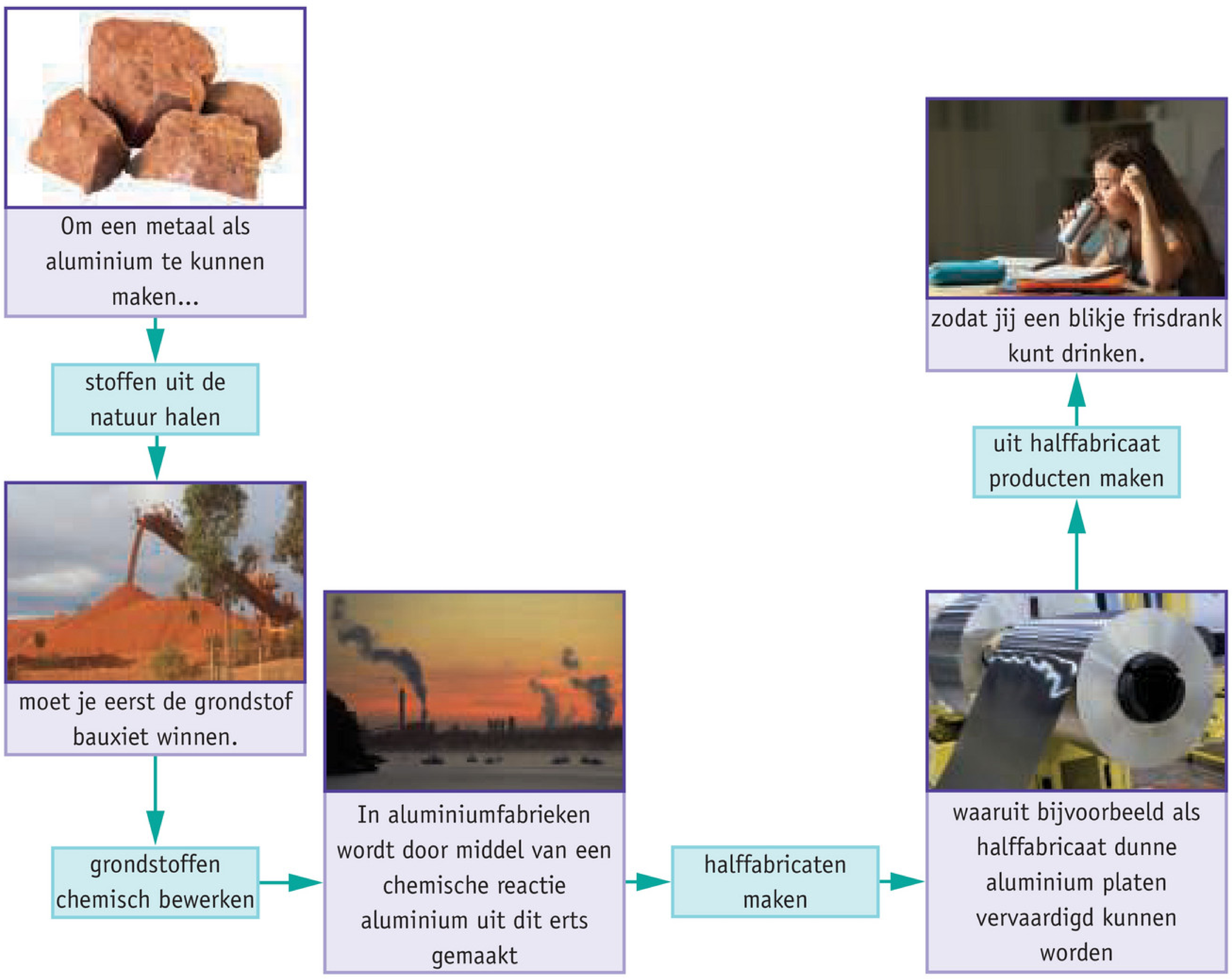
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Je weet hoe een frisdrankblikje eruitziet. Maar weet je ook hoe zo'n blikje wordt gemaakt?

EEN PRODUCTIEPROCES

Een product zoals een tuinstoel, een rugzak of een frisdrankblikje wordt niet in één keer gemaakt. Zo'n product is het resultaat van een **productieproces** dat uit een groot aantal stappen bestaat. Elke stap is nodig om het doel dichterbij te brengen: een bruikbaar en goed verkoopbaar eindproduct.

Een productieproces begint bij **grondstoffen** die afkomstig zijn uit de natuur. Het eindigt bij het **eindproduct** dat klaar is voor gebruik. In het vervolg leer je meer over de stappen die daartussen liggen. Dat wordt uitgelegd aan de hand van een voorbeeld: het maken van een frisdrankblikje.



figuur 1 Het productieproces van een frisdrankje.

In figuur 1 is het productieproces van een aluminium blikje in beeld gebracht. De belangrijkste grondstof is bauxiet, een gesteente met een hoog aluminiumgehalte. Uit bauxiet wordt aluminium gewonnen, dat daarna wordt bewerkt tot dunne platen. Dit **halffabricaat** gaat in grote rollen naar een fabriek die er blikjes van maakt. Het productieproces eindigt met een blikje dat klaar is om gevuld te worden.

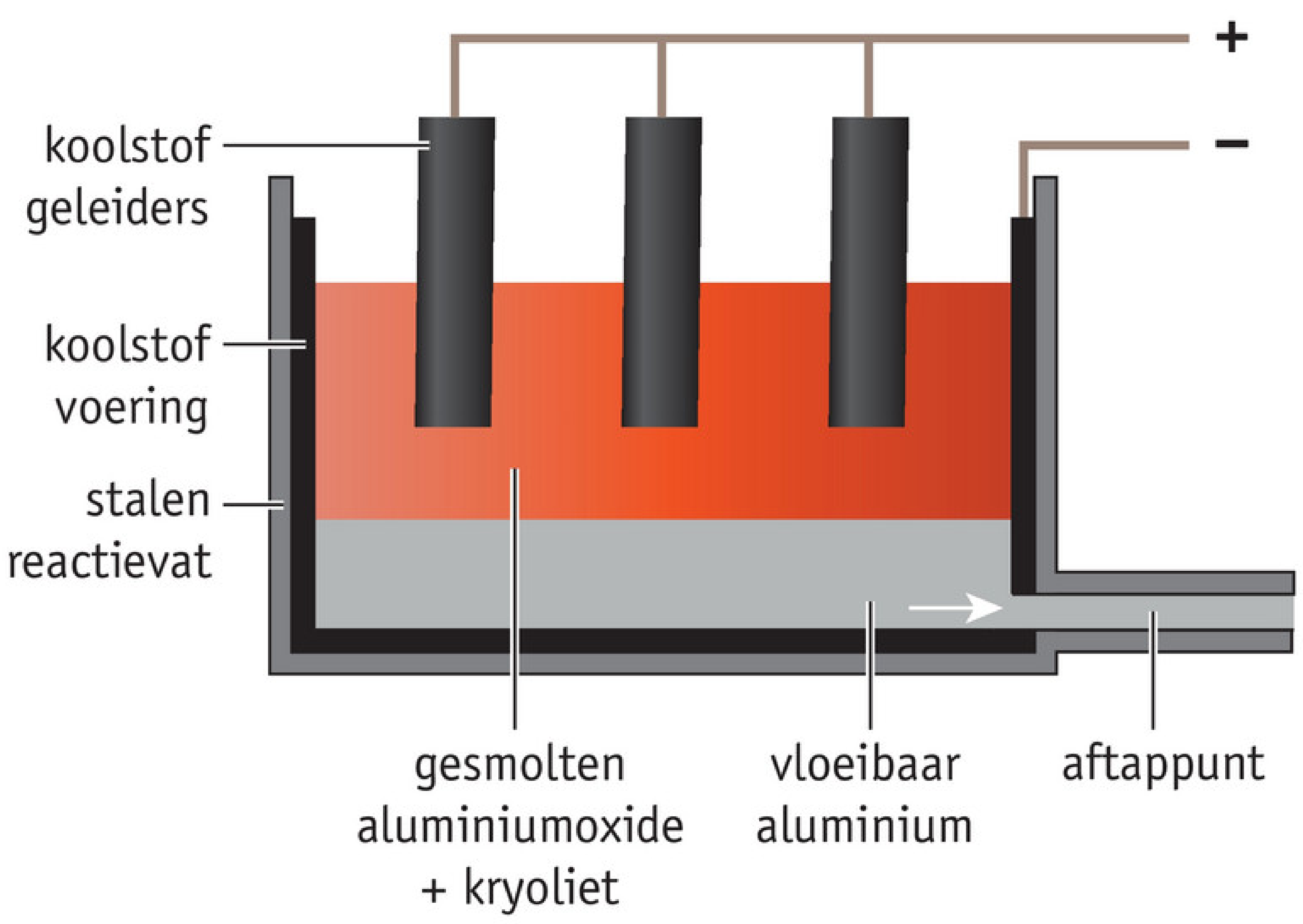
ALUMINIUM MAKEN

De grondstof voor aluminium is bauxiet. Dit gesteente bestaat voor 30% tot 60% uit aluminiumoxide. Bauxiet wordt uit de bodem gehaald en vermalen. Daarna wordt het aluminiumoxide gescheiden van de andere bestanddelen. Het aluminiumoxide gaat naar een aluminiumfabriek. Het overblijfsel, een giftig slib met een felrode kleur, wordt in grote vijvers opgeslagen.

In de fabriek wordt het aluminiumoxide opgelost in een vloeibare hulpstof die kryoliet heet. Dat gebeurt bij een temperatuur van ongeveer 960 °C. Geleiders van koolstof laten een sterke gelijkstroom door dit mengsel lopen. Daardoor vindt er een chemische reactie plaats waarbij vloeibaar aluminium ontstaat (figuur 2). Het reactieschema voor deze reactie is:

aluminiumoxide + koolstof → aluminium + koolstofdioxide

Het gevormde aluminium zakt naar de bodem van het reactievat waar het wordt afgetapt. Het gas koolstofdioxide wordt geloosd in de atmosfeer.



figuur 2 De productie van aluminium is een continu proces.

ALUMINIUMPLAAT: EEN HALFFABRICAAT

Het aluminium dat uit het reactievat komt, wordt daarna verder bewerkt. Aan het vloeibare aluminium worden in verschillende hoeveelheden andere metalen toegevoegd. Op die manier kun je verschillende **legeringen** maken: mengsels van aluminium met andere metalen. Er bestaan honderden aluminiumlegeringen, allemaal met hun eigen eigenschappen en toepassingsmogelijkheden.

Voor frisdrankblikjes worden legeringen gebruikt van aluminium met mangaan en magnesium. Deze legeringen zijn zacht en uitstekend vervormbaar. Dat zijn nuttige eigenschappen als je er blikjes van wilt maken. Bij het productieproces van een blikje wordt het metaal sterk opgerekt. Dat gaat alleen goed als het gemakkelijk vervormt, zonder te scheuren.

Het metaal wordt daarna gewalst, waarbij het tussen twee draaiende stalen cilinders door wordt getrokken. De afstand tussen de cilinders wordt steeds kleiner. Hierdoor wordt het metaal steeds dunner uitgewalst. Ten slotte houd je een dunne aluminiumplaat over met een dikte van 0,25 mm. Dit halffabricaat wordt op grote rollen gerold, zodat je het gemakkelijk kunt vervoeren (figuur 3).

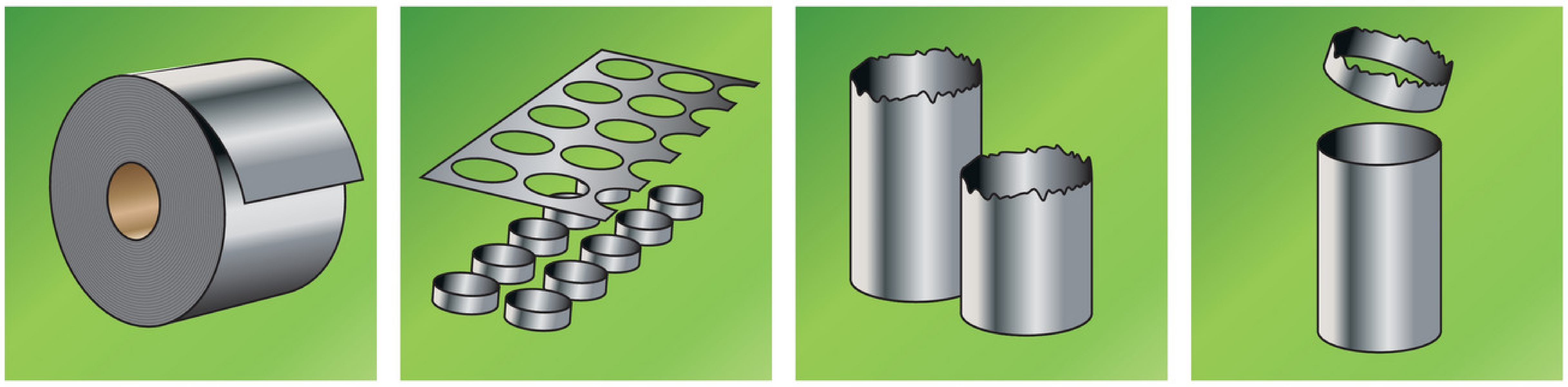


figuur 3 Rollen aluminiumplaat in een aluminiumfabriek.

BLIKJES MAKEN

In de blikjesfabriek wordt de aluminiumplaat verwerkt tot blikjes. De productie is helemaal geautomatiseerd. Uit de plaat worden ondiepe bakjes geperst. De wand van de blikjes wordt daarna opgerekt en dunner gemaakt. Ten slotte wordt het overtollige materiaal eraf gesneden. Je hebt dan een blikje zonder bovenkant (figuur 4).

figuur 4 Zo worden blikjes gemaakt.



1 Het aluminium wordt van de rol gehaald.
2 Een pers drukt er ondiepe 'bakjes' uit.
3 De wand van de bakjes wordt opgerekt.
4 De bovenkant wordt recht afgesneden.

De blikjes worden daarna schoongemaakt, gelakt, bedrukt en gedroogd. Daarna worden ze voorzien van een naar binnen gebogen bovenrand, gecontroleerd op gaten en scheuren en verpakt.

In een andere productielijn in de fabriek worden bovenkanten gemaakt van een iets sterkere legering. De bovenkanten krijgen daarna een ringsluiting. De blikjes en de bovenkanten worden ten slotte vervoerd naar bijvoorbeeld een frisdrankfabriek of brouwerij. Daar worden de blikjes gevuld en de bovenkanten erop vastgemaakt.

BLIKJES EN HET MILIEU

Het maken van producten heeft gevolgen voor het milieu. Je moet daarbij kijken naar:
- het verbruik van grondstoffen;
- het verbruik van energie;
- het ontstaan van afvalstoffen.

In het vervolg wordt beschreven hoe dat zit met een aluminium blikje.

De belangrijkste grondstof voor aluminium is bauxiet. Daarvan is er op de wereld nog heel veel. Het winnen en het zuiveren van bauxiet veroorzaken wel veel milieuschade. Dat is een van de redenen waarom je 'oud' aluminium zoveel mogelijk moet **recyclen** (hergebruiken).

Voor het maken van aluminium uit bauxiet is heel veel elektrische energie nodig: ruim 14 kWh voor elke kg aluminium. Dat is 0,5% van het energieverbruik per jaar per huishouden in Nederland. De productie van 200 kg aluminium kost dus evenveel elektrische energie als een gemiddeld huishouden in Nederland per jaar verbruikt. Dat is nog een reden waarom recycling van aluminium belangrijk is. Recyclen kost maar 5% van de energie die nodig is om nieuw aluminium te maken.

Bij het productieproces ontstaan allerlei **afvalstoffen**. Bij de zuivering van aluminium ontstaan grote hoeveelheden rode smurrie, de zogenoemde 'red mud' (figuur 5). Ook komt er bij de productie van aluminium veel koolstofdioxide vrij: een 'broeikasgas' dat bijdraagt aan de opwarming van de aarde: het versterkte broeikaseffect.



figuur 5 Deze rode smurrie blijft over na de zuivering van bauxiet.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA HET PRODUCTIEPROCES VAN EEN TUINSTOEL

Het productieproces van een plastic tuinstoel begint diep onder de grond. Een oliemaatschappij pompt ruwe aardolie uit de bodem en brengt die met een tanker naar een raffinaderij. Daar wordt de ruwe aardolie door destillatie gescheiden in verschillende fracties. Een van die fracties, nafta, wordt daarna via een honderden kilometers lange pijpleiding naar een chemische fabriek gepompt.

In de chemische fabriek wordt nafta onder hoge druk en temperatuur gekraakt in een naftakraker. Bij het kraken ontstaat onder andere het gas propeen. Dit gas wordt gescheiden van de andere gassen en naar een reactor gepompt. Daar wordt het propeen via een chemische reactie (polymerisatie) omgezet in polypropeen (PP).

PP wordt in de vorm van korrels (granulaat) aan allerlei fabrieken geleverd (figuur 6). Met een vrachtauto wordt elke week een lading PP naar een tuinstoelenfabriek gebracht. Daar worden de kunststofkorrels gesmolten en in een vorm gespoten. Na afkoeling komt er een tuinstoel uit de vorm tevoorschijn.

De tuinstoelenfabriek levert de tuinstoelen aan een organisatie van tuinwinkels. Vanuit een distributiecentrum worden de tuinstoelen naar de verschillende winkels gebracht. Dan hoeft er alleen nog maar een klant te komen die ze koopt en meeneemt naar huis (figuur 7).



figuur 6 Halffabricaat: korrels polypropeen (PP).



figuur 7 Product: deze tuinset is helemaal gemaakt van polypropeen.

LEERSTOF

1 Een productieproces begint bij grondstoffen die afkomstig zijn uit de natuur.

a De grondstof van aluminium is ...., een natuurlijk voorkomend gesteente.

b Het gesteente wordt vermalen; daarna wordt het .... eruit gehaald.

c In een fabriek wordt hier aluminium van gemaakt door een .... reactie.

d De producent maakt verschillende legeringen door andere .... aan het aluminium toe te voegen.

2 Een productieproces bestaat uit vier stappen.
Zet de zinnen in de juiste volgorde. Gebruik de nummers 1 tot en met 4.

.... Een eindproduct maken uit een halffabricaat.

.... Een halffabricaat maken uit een stof.

.... Grondstoffen uit de natuur halen.

.... Grondstoffen (chemisch) bewerken tot een stof.

3 Wat is het juiste reactieschema voor de productie van aluminium?
- ○ A aluminium + koolstof → aluminiumoxide + koolstofdioxide
- ○ B aluminium + koolstofstofdioxide → aluminiumoxide + koolstof
- ○ C aluminiumoxide + koolstof → aluminium + koolstofdioxide
- ○ D aluminiumoxide + koolstofdioxide → aluminium + koolstof

4 In een aluminiumfabriek wordt aluminiumplaat gemaakt voor frisdrankblikjes.

a Welke eigenschappen hebben de legeringen die hiervoor worden gebruikt?

....

....

b Hoe worden de legeringen bewerkt om er dunne platen van te maken?

....

....

....

c Een product dat in een andere fabriek nog verder bewerkt moet worden, zoals aluminiumplaat, noem je een ....

5 Het maken van een product heeft gevolgen voor het milieu.
Om meer te weten over deze gevolgen, moet je kijken naar:

- het verbruik van ....
- het verbruik van ....
- het ontstaan van ....

TOEPASSING

6 Blikken voor bijvoorbeeld doperwten zijn gemaakt van blikstaal. Door verbeterde productietechnieken is er steeds minder blikstaal nodig voor één blik (figuur 8).

a Met hoeveel gram is de massa van een blik gedaald tussen 2000 en 2014?

....

....

b Met hoeveel procent is de massa van een blik afgenomen?
- ◯ A 8,4%
- ◯ B 29%
- ◯ C 41%
- ◯ D 71%

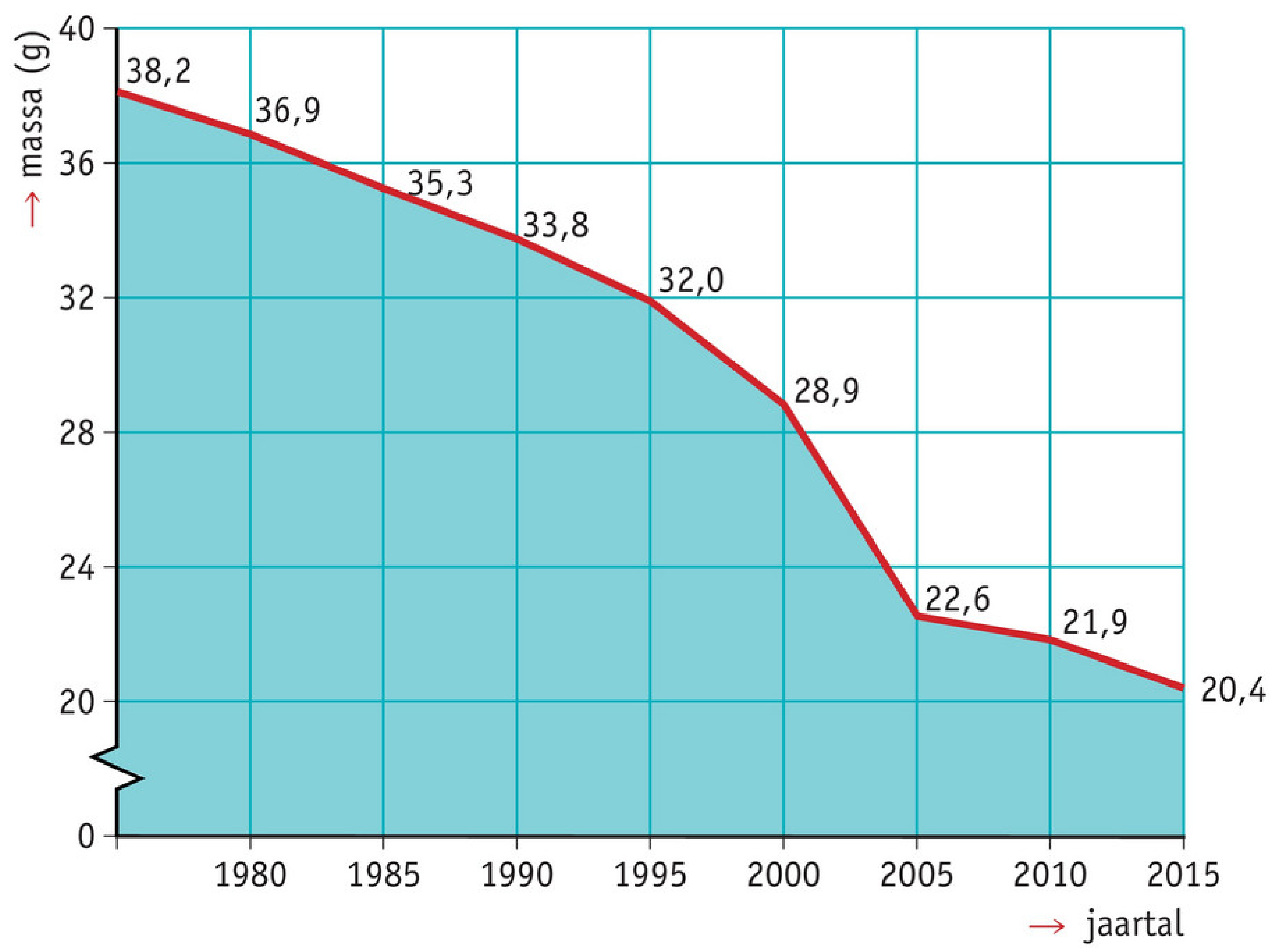
c Dat de massa van het blikje steeds kleiner wordt, heeft duidelijk voordelen voor het milieu.
Schrijf drie voordelen op.

....

....

....

....



figuur 8 Voor een blikje van 330 mL is steeds minder blikstaal nodig.

7 Hierna staan zes grondstoffen, zes halffabricaten en zes producten.
aardolie – autoband – bomen – boterhamtrommel – conservenblikje – dierenhuid – geschaafd grenenhout – handtasje – ijzererts – katoenplant – kunststofkorrels – lappen katoen – platen blikstaal – rollen rubber – rubberboom – T-shirt – tuinhuisje – vellen leer

a Zet de namen van de grondstoffen in tabel 1 onder elkaar in kolom 1.
b Zet de namen van de bijbehorende halffabricaten in kolom 2.
c Schrijf in kolom 3 welk product van het halffabricaat is gemaakt.

tabel 1 Halffabricaten en producten.

grondstoffen	halffabricaat	product

8 De grondstof voor aluminium is bauxiet. Dit gesteente bestaat voor 30% tot 60% uit aluminiumoxide. Het bauxiet wordt uit de bodem gehaald en vermalen. Daarna wordt het aluminiumoxide gescheiden van de andere bestanddelen. Ten slotte wordt het aluminiumoxide met behulp van elektriciteit omgezet in aluminium. De hoeveelheid elektrische energie die nodig is om aluminium te maken, is in de loop der tijd steeds kleiner geworden (figuur 9).

a Hoeveel elektrische energie was er nodig om 1 kg aluminium te maken:

- in 1900? .... kWh
- in 1960? .... kWh
- in 2020? .... kWh

b Hoe groot was de afname in benodigde elektrische energie per kg aluminium tussen 1960 en 2020?
○ A ongeveer 3 kWh
○ B ongeveer 8 kWh
○ C ongeveer 11 kWh
○ D ongeveer 13 kWh

c Aluminium blikjes vormen een waardevol soort afval. Het is economisch rendabel om de blikjes te verzamelen en te verwerken tot nieuw aluminium.
Leg uit waarom aluminium afval veel meer waard is dan bijvoorbeeld staalafval. Gebruik het woord ‘energie’ in je uitleg.

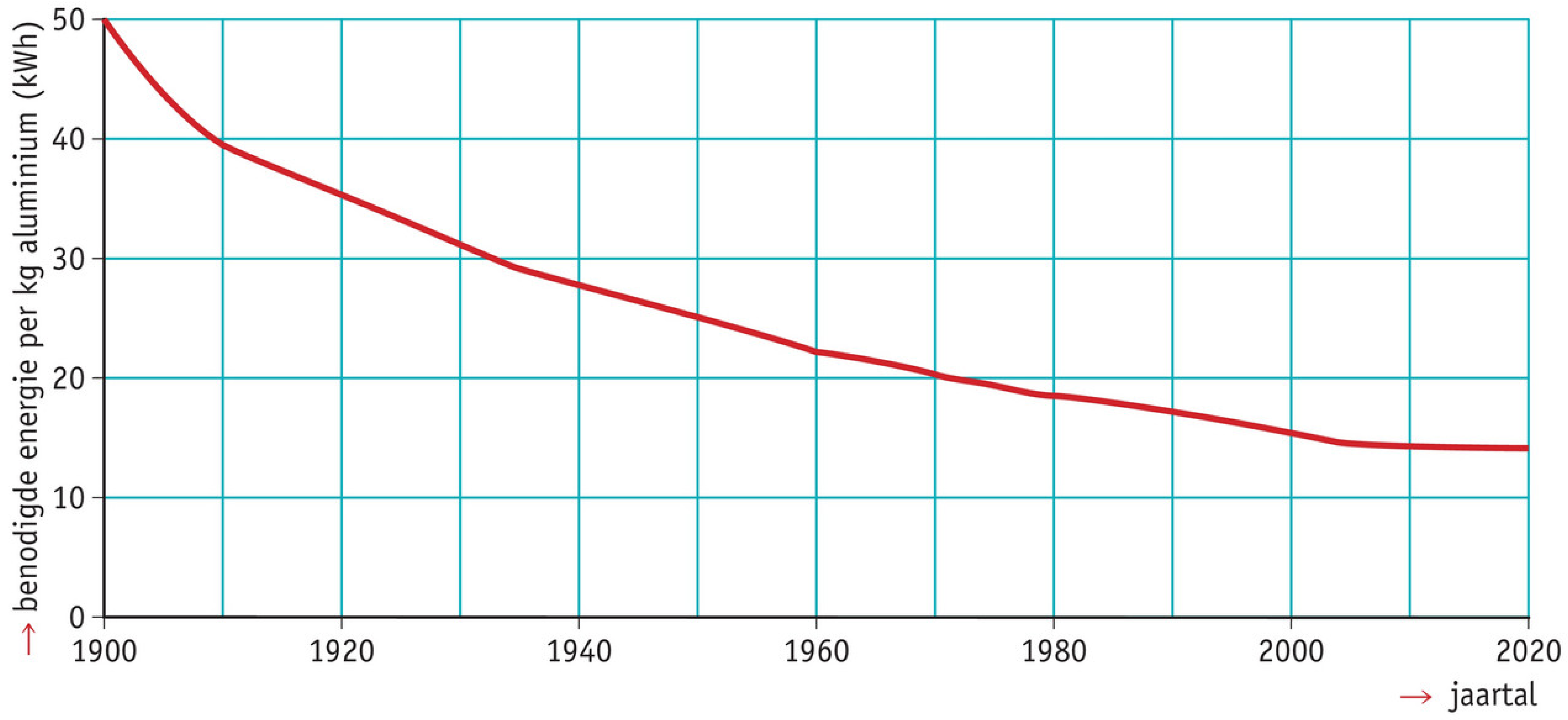
....

....

....

....

....



figuur 9 Er is steeds minder elektrische energie nodig om 1 kg aluminium te maken.

9 Je kunt kunststoffen uit afval inzamelen en hergebruiken. Hierdoor ontstaat een gesloten kringloop.
Leg uit hoe hierdoor het versterkte broeikaseffect wordt verminderd.

....

....

....

....

....

10 Je kunt aluminium uit afval halen en je kunt het recyclen.
Geef drie voordelen van het recyclen van aluminium.

....

....

....

....

11 De frisdrank in een aluminium blikje koelt snel af als je het blikje in de koelkast legt.
Lees de twee beweringen en kies steeds de juiste mogelijkheid.

a Dat komt doordat het aluminium van het blikje zo dun is. *waar / onwaar*
b Dat komt doordat aluminium een goede warmtegeleider is. *waar / onwaar*

12 Van veel grondstoffen is maar een beperkte hoeveelheid beschikbaar. Er komt geen nieuwe grondstof bij. Op een gegeven moment geldt: op is op. Maar er zijn ook hernieuwbare grondstoffen. Daarvan ontstaan telkens nieuwe voorraden.
Leg uit of de volgende grondstoffen hernieuwbaar zijn of niet.

a aardolie (de grondstof voor PP en PE)

....

....

....

b bauxiet (de grondstof voor aluminium)

....

....

....

c hout (de grondstof voor papier en karton)

....

....

....

d katoen (de grondstof voor katoenen kleding)

....

....

....

....

e zand (de grondstof voor glas)

....

....

....

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA HET PRODUCTIEPROCES VAN EEN TUINSTOEL

13 Een tuinstoel van polypropeen (PP) is het eindresultaat van een lang productieproces. Het productieproces bestaat uit vijf stappen.

1 Ergens op de wereld wordt ruwe .... uit de .... gepompt.

2 In een .... wordt de aardolie gescheiden in verschillende ....

3 In een .... wordt nafta .... onder hoge druk en ....

4 In een reactor wordt .... omgezet in de kunststof .... (PP).

5 In een .... wordt PP gesmolten en in een ....

gespoten.

14 Bij het kraken van nafta ontstaat onder andere het gas propeen.

a De chemische reactie waarbij propeen wordt omgezet in polypropeen

noem je ....

b Van welk halffabricaat worden de tuinstoelen gemaakt?

....

c Oude tuinstoelen kun je verwerken tot nieuwe kunststofkorrels. Milieudeskundigen zeggen dat hierdoor 'een gesloten kringloop' ontstaat.
Leg uit wat daarmee wordt bedoeld.

....

....

....

15 Het kost energie om van een grondstof een product te maken dat je in de winkel kunt kopen. Een deel van die energie is nodig voor het transport van stoffen en producten.
Vul tabel 2 verder in. Enkele gegevens moet je zelf bedenken.

tabel 2 Transport van grondstoffen, halffabricaten en producten.

wat wordt vervoerd	van	naar	transportmiddel
aardolie			tanker
nafta	raffinaderij		
propeen			pijpleiding
PP-granulaat	reactor		
tuinstoelen	tuinstoelenfabriek		
tuinstoelen		winkel	

3 Afvalverwerking

LEERDOELEN

7.3.1 Je kunt uitleggen waarom het nuttig is om afval in verschillende soorten te scheiden.
7.3.2 Je kunt van afvalstoffen en kapotte spullen aangeven bij welke soort afval ze horen.
7.3.3 Je kunt vier manieren noemen om afval te verwerken, met hun voor- en nadelen.
7.3.4 Je kunt drie manieren beschrijven om milieuproblemen met afval te verminderen.
EXTRA 7.3.5 Je kunt voordelen en problemen benoemen van de recycling van kunststoffen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	7.3.1	7.3.2	7.3.3	7.3.4	7.3.5
Onthouden		1, 2	4, 6abcde	3, 5	13abcd
Begrijpen	12b	7, 11		12a	14a
Toepassen			9abc, 10abc	8ab	14b
Analyseren	12c				

Vroeger werd afval gestort op grote vuilnishopen, maar dat is later verboden. Wat gebeurt er nu met het afval dat we met z'n allen produceren?

AFVAL SCHEIDEN

Huishoudens en bedrijven in Nederland produceren veel afval: per persoon ongeveer 490 kg per jaar. Als mensen slordig met dat afval omgaan, kunnen er gemakkelijk schadelijke stoffen terechtkomen in het milieu (bodem, water en lucht). Om het milieu zo schoon mogelijk te houden zijn er regels voor de verwerking van afval.

Om te beginnen wordt het afval gescheiden in verschillende soorten (figuur 1). Elke soort afval kan dan apart worden verwerkt. Enkele voorbeelden:

- Op veel plaatsen zamelt de milieudienst **groente-, fruit- en tuinafval** (**gft-afval**) apart in, om het te laten **composteren**. Het afval wordt dan afgebroken door wormen, schimmels en bacteriën. Er blijft compost over, die je in de tuin kunt gebruiken.
- Glas en papier worden apart ingezameld en naar recyclebedrijven gebracht. Die maken er weer nieuw glas en papier van. Vaak gebeurt dat ook met kunststoffen, al zijn die lastiger te recyclen.
- Schadelijke en giftige stoffen, zoals oude medicijnen en resten verf, lever je apart in als **klein chemisch afval** (**kca**). Het wordt apart van het overige afval verwerkt (figuur 2).
- Bepaalde soorten afval, zoals puin en snoeihout, kun je naar een afvaldepot brengen. Puin wordt gebruikt bij het aanleggen van wegen, snoeihout wordt verwerkt tot houtsnippers.



Textiel
Oude kleding, textiel en leer kunt u op verschillende plekken in het stadsdeel kwijt in groene containers van Sympany.

Kleine elektrische apparaten
De meeste kleine elektrische apparaten zoals mobiele telefoons, digitale camera's, opladers, afstandsbedieningen, elektrische tandenborstels, mixers en klusapparaten, laptops en kapotte spaarlampen kunt u inleveren bij de leverancier waar u een nieuwe koopt. U kunt natuurlijk ook bij het Afvalpunt terecht.

Klein chemisch afval
Het is verboden (en gevaarlijk) om klein chemisch afval neer te zetten in de openbare ruimte. Batterijen, accu's, verf(potten), olie, verdunner, nagellak, medicijnen, tl-buizen en gloei- of spaarlampen kunnen terug naar de winkel of naar het Afvalpunt.

Wit- en bruingoed
Uw oude wasmachine, gasfornuis of koelkast mag u aan de leverancier meegeven waar u een nieuwe koopt. Lukt dat niet, breng die spullen dan (gratis) naar het Afvalpunt of plaats het op de vaste inzameldag (tot 07.30 uur vanaf 20.00 uur de avond ervoor) op de grofvuillocatie in uw buurt.

Grofvuil
Afval dat niet in de container past, brengt u (gratis) naar het Afvalpunt of plaatst u op de vaste inzameldag (tot 7.30 uur vanaf 20.00 uur de avond ervoor) op de grofvuillocatie in uw buurt.

figuur 1 Op deze wijzer kun je zien welke soorten afval je waar kunt inleveren.



figuur 2 Een verzamelbox voor klein chemisch afval (kca).

Van de soorten afval die je kunt scheiden wordt in Nederland ongeveer 64% daadwerkelijk gescheiden ingeleverd (tabel 1). Het **restafval** dat overblijft bedraagt ongeveer 180 kg/persoon per jaar en dat gaat naar een vuilverwerkingsinstallatie. Ook daar wordt aan afvalscheiding gedaan. Magneten halen staal en ijzer uit het afval. Er zijn ook technieken ontwikkeld om andere metalen, zoals aluminium en koper, uit het afval te halen.

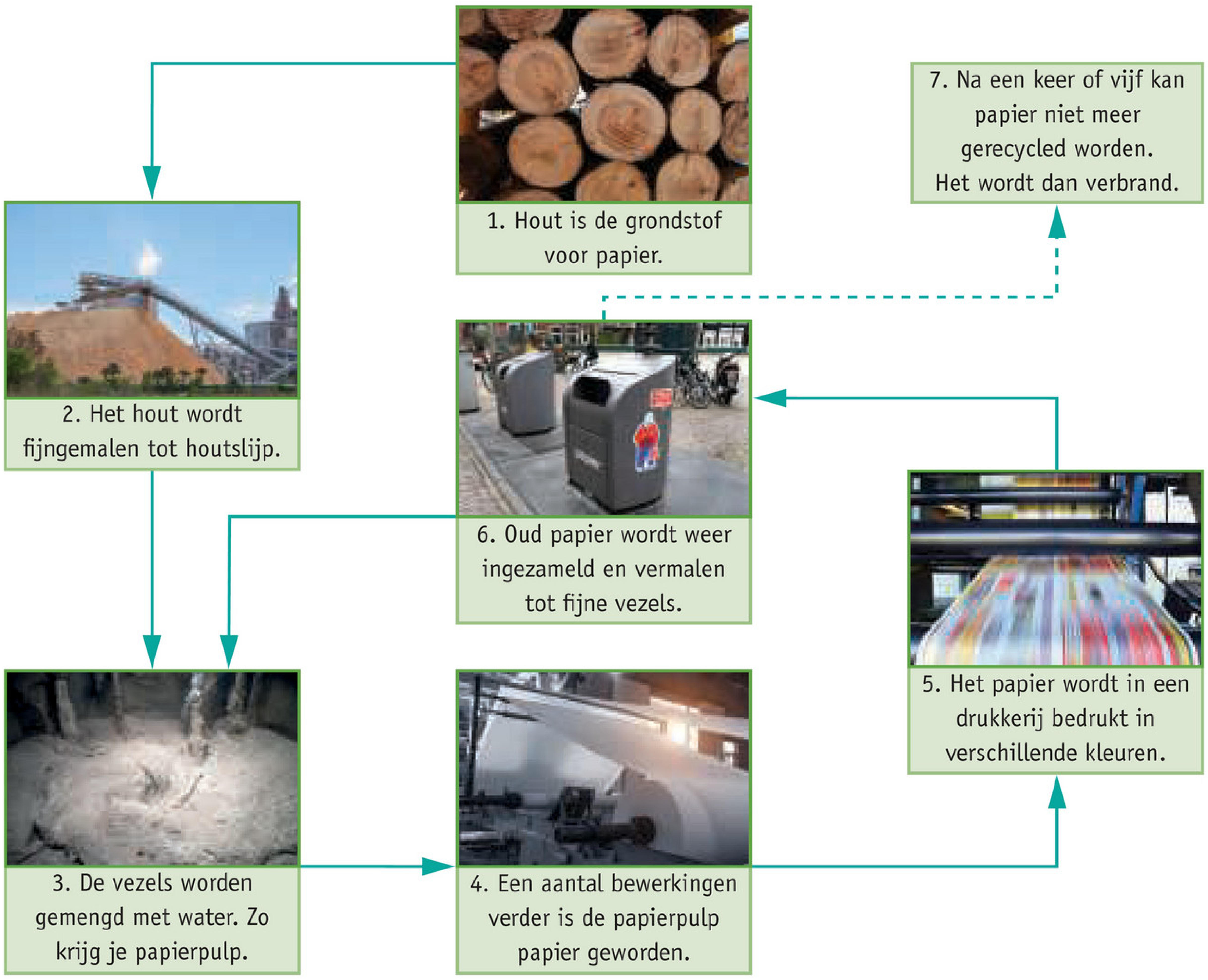
tabel 1 Hoeveelheid gescheiden ingeleverd afval per persoon per jaar (2020).

soort afval	totaal ingeleverd (kg)	gescheiden ingeleverd (kg)	percentage gescheiden ingeleverd
gft	140	87	62%
papier en karton	63	49	77%
drinkpakken	3,0	1,6	52%
glas: flessen en potten	27	20	74%
plastic verpakkingen	24	16	65%
metalen verpakkingen (blik)	7,3	6,9	95%
elektrische apparaten en lampen	19	9,6	50%
textiel	18	8,0	44%
klein chemisch afval	1,5	1,3	85%

bron: www.milieucentraal.nl

RECYCLING

Een deel van het afval wordt gerecycled. Dat gebeurt bijvoorbeeld met papier. Oudpapier wordt vermalen tot pulp en van de pulp wordt nieuw papier gemaakt. Het papier doorloopt dus een **kringloop**: het wordt steeds opnieuw gebruikt (figuur 3).



figuur 3 De papierkringloop.

Bij de recycling van papier loop je tegen verschillende problemen aan. Het is lastig dat oudpapier bedrukt is met inkt in allerlei kleuren. Als oudpapier wordt vermalen, komt de inkt in de pulp terecht. Het nieuwe papier dat je met de pulp maakt, ziet er daardoor grauw uit. Er is een manier ontwikkeld om de inkt uit de pulp te halen, maar die wordt nog niet overal toegepast.

Een ander probleem heeft te maken met de lengte van de papiervezels. Elke keer dat papier wordt vermalen, worden de papiervezels korter. Na ongeveer vijf keer recyclen kun je het papier niet opnieuw hergebruiken: de vezels zijn dan te kort geworden. Het papier is dan alleen nog maar geschikt om te verbranden.

Wat voor papier geldt, geldt ook voor andere materialen: het is moeilijk om een perfecte kringloop op te zetten. Onderzoekers werken hard aan oplossingen. Het doel is om tot een circulaire economie te komen waarin materialen steeds opnieuw worden gebruikt (figuur 4). Maar zover is het nog niet.

figuur 4 Deze logo's geven aan: dit materiaal kun je recyclen.

VERBRANDEN EN STORTEN

Afval dat je niet kunt composteren of recyclen, wordt bij voorkeur verbrand. Soms is ook verbranden geen optie. In dat geval wordt het afval gestort. Verbranden heeft vergeleken met storten duidelijk voordelen:

- Bij de verbranding ontstaat warmte die je nuttig kunt gebruiken.
- Er hoeft geen ruimte te worden gezocht voor een stortplaats. De onbrandbare resten (slakken) die overblijven, kunnen worden gebruikt bij de aanleg van wegen.

Verbranding heeft ook een nadeel. Bij de verbranding van afval kunnen er schadelijke stoffen in de lucht terechtkomen. Als het afval chloor bevat, kunnen er bijvoorbeeld giftige en kankerverwekkende dioxinen ontstaan. Via de schoorsteen kunnen die in de lucht terechtkomen. Afvalbedrijven moeten maatregelen nemen om deze dioxinen zoveel mogelijk te verwijderen.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA RECYCLING VAN KUNSTSTOFFEN

Kunststoffen worden veel gebruikt als verpakkingsmateriaal. Huishoudelijk afval bestaat daardoor voor een groot deel uit kunststoffen (plastic). De gemiddelde Nederlander gooit elk jaar ongeveer 24 kg kunststof verpakkingen weg. Voor heel Nederland is dat 425 miljoen kg per jaar.

Het heeft veel voordelen om kunststoffen te recyclen. Kunststoffen worden gemaakt van aardolie en de voorraden van die grondstof zijn eindig. Door kunststoffen te recyclen, kun je aardolie besparen. Het vervoer van aardolie en de productie van kunststoffen kost bovendien veel energie. Ook daarop kun je besparen door kunststoffen opnieuw te gebruiken.

Er zijn nog wel technische problemen. Het is bijvoorbeeld moeilijk om kunststoffen uit het huisvuil te halen. Ook is het lastig dat er zoveel verschillende soorten kunststoffen bestaan. Het valt niet mee om die goed van elkaar te scheiden (figuur 5). Voor sommige problemen bestaan inmiddels goede oplossingen; voor andere wordt nog naar een oplossing gezocht.



figuur 5 Voor het scheiden van plastic zijn grote sorteerinstallaties nodig.

LEERSTOF

1 Van welke soort afval levert de gemiddelde Nederlander de grootste hoeveelheid in (uitgedrukt in kg)?

- ○ A gft
- ○ B kca
- ○ C metalen verpakkingen
- ○ D papier en karton

2 Welke soort afval wordt in Nederland procentueel het meest gescheiden ingeleverd?

- ○ A gft
- ○ B kca
- ○ C metalen verpakkingen
- ○ D papier en karton

3 Waarom kun je papier maar ongeveer vijf keer recyclen?

- ○ A Dan is de inkt niet meer uit het papier te krijgen.
- ○ B Dan zijn de vezels van het papier te hard geworden.
- ○ C Dan zijn de vezels van het papier te klein geworden.
- ○ D Na vijf keer lost het papier niet meer goed op in water.

4 Wat gebeurt er met ingezameld glas?

- ○ A Er wordt nieuw glas van gemaakt.
- ○ B Het wordt op een extra hoge temperatuur verbrand.
- ○ C Het wordt vermalen en dan ondergronds gestort.
- ○ D Het wordt verwerkt in asfalt en ander bouwmateriaal.

5 Geef twee belangrijke voordelen van afval verbranden vergeleken met afval storten.

....

....

....

6 Afval wordt gescheiden in verschillende soorten.
Vul in.

a Groente-, fruit- en tuinafval (gft-afval) wordt apart ingezameld, zodat je het kunt ....

b Glas en papier worden ook apart ingezameld. Deze materialen worden daarna ....

c Klein chemisch afval (kca) bestaat uit .... en .... stoffen die apart van het overige afval worden verwerkt.

d Het .... dat niet gerecycled of gecomposteerd kan worden, gaat naar een vuilverwerkingsinstallatie.

e Voordat dat gebeurt, worden blik en ander ijzer met .... uit het afval gehaald.

TOEPASSING

7 Johan vindt een witte plastic fles met een restant onkruidbestrijder (figuur 6).
Waar kan hij de fles het best in gooien?
- ○ A in de chemobox met klein chemisch afval
- ○ B in de groene rolcontainer bij het gft-afval
- ○ C in de grijze rolcontainer bij het restafval
- ○ D in zijn aanhangwagen met allerlei tuinafval



figuur 6 Waar gooi je zo'n fles met een restje in?

8 Bij veel dingen die je thuis doet, ontstaan afvalstoffen. Als je eten klaarmaakt, kleren wast, naar de wc gaat, je kamer schildert, enzovoort.

a Leg uit langs welke drie routes die afvalstoffen het huis verlaten.

....

....

....

b Een gezin kan veel doen om de hoeveelheid afvalstoffen te verminderen.
Geef daar twee duidelijke, praktische voorbeelden van.

....

....

....

....

★ 9

Gebruik BINAS tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen*.
Blikjes worden gemaakt van blikstaal (ijzer met een laagje tin) of aluminium.

a Het is gemakkelijker om blikstaal van het overige afval te scheiden dan aluminium. Leg uit waarom.

....

....

....

....

b Nadat aluminium en blikstaal eenmaal van het overige afval zijn gescheiden, is het blikstaal moeilijker te recyclen dan aluminium. Leg uit waarom.

....

....

....

....

....

c Het ijzer en tin van blikstaal kun je scheiden in een oven. Hiervoor moet je het blikstaal voldoende heet maken.
Leg uit welke temperatuur de oven minstens moet hebben.

....

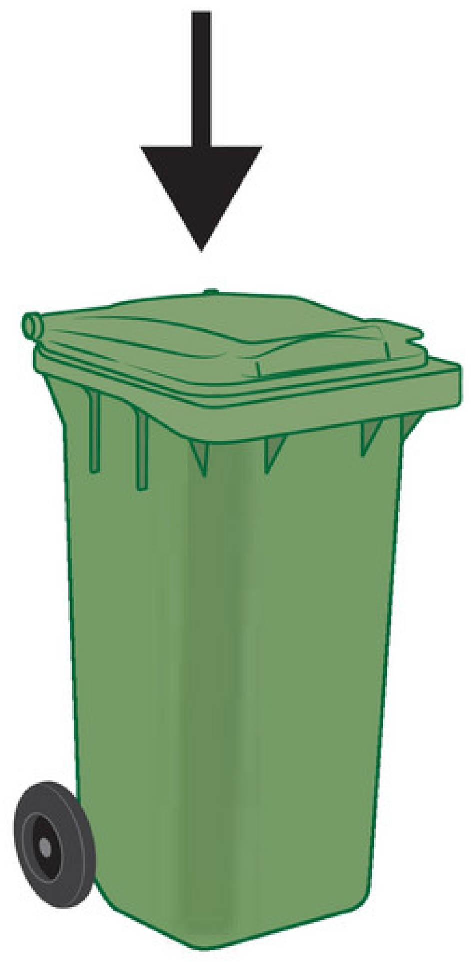
....

....

....

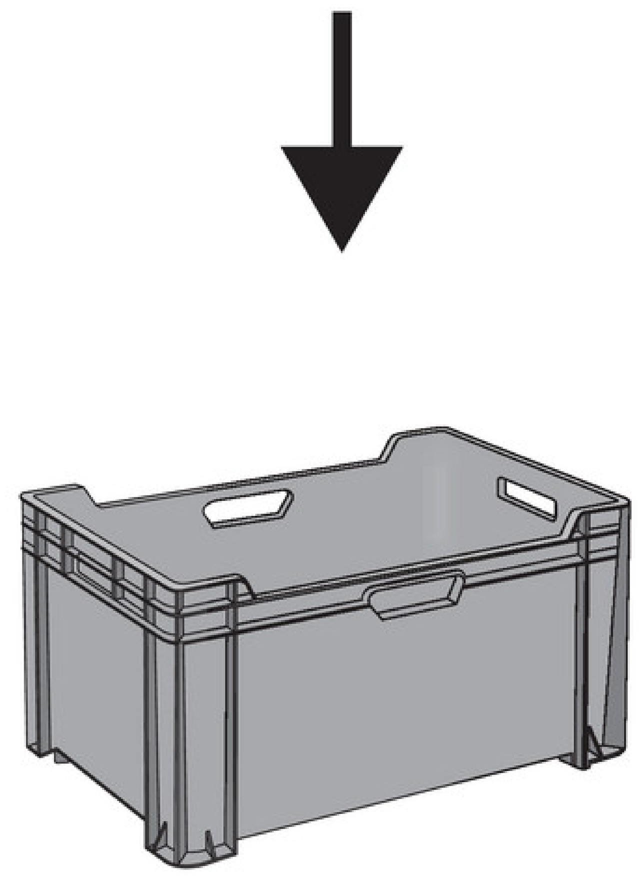
10 Bekijk de vijftien voorbeelden van afval:
de krant van gisteren – de scherven van een kapotgevallen bierflesje – een blik met een restje verf – een glazen appelmoespot – een jerrycan afgewerkte motorolie – een koffiefilter met prut – een stapeltje reclamefolders – een tube met oude medicijnen – grasmaaisel – lege batterijen – lege kartonnen verpakkingen – oude tijdschriften – pindadoppen – sinaasappelschillen – twee lege wijnflessen
Je kunt dit afval verdelen in vier soorten die je gescheiden van elkaar inlevert.
Verdeel het afval over de vier afvalbakken van figuur 7.

....



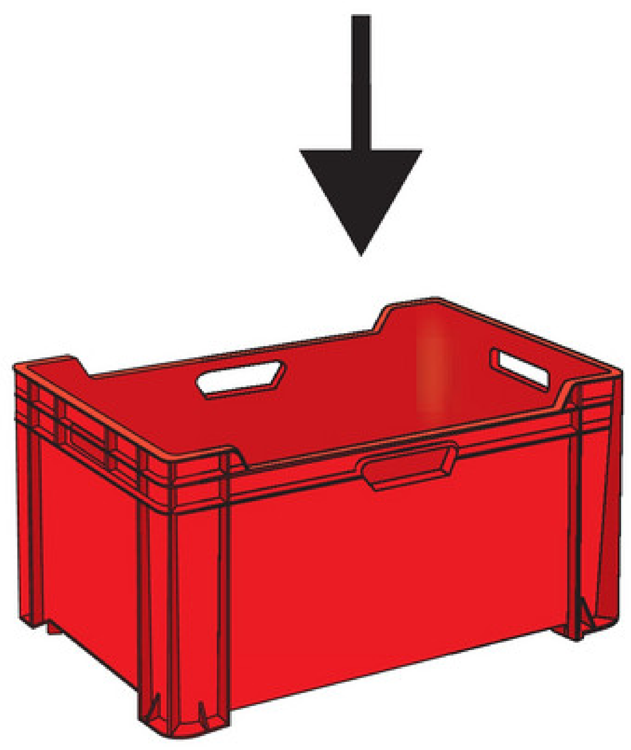
gft-afval

....



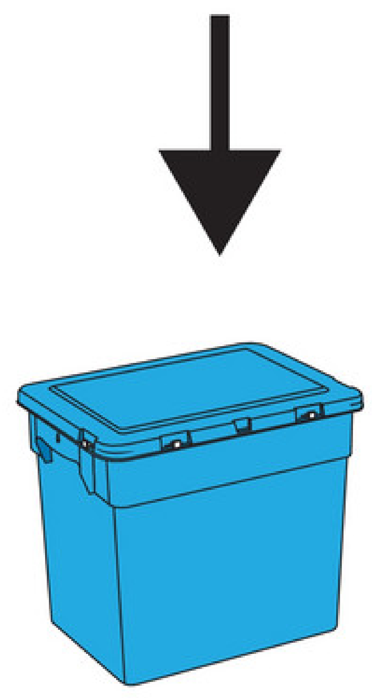
oud papier

....



glasafval

....



kca

figuur 7 Afval scheiden.

11 Voor glas bestaan in Nederland twee kringloopsystemen. Een bierflesje doorloopt een andere kringloop dan een wijnfles of een appelmoespot. Zie figuur 8.

a Leg uit wat het verschil is tussen deze twee kringloopsystemen.

b Welk kringloopsysteem levert de grootste energiebesparing op? Leg uit waarom.

c Bedenk zelf waarom het beste kringloopsysteem niet voor wijnflessen wordt toegepast.

figuur 8 Twee kringloopsystemen.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA RECYCLING VAN KUNSTSTOFFEN

12 Huishoudelijk afval bestaat voor een groot deel uit kunststoffen.

a Die kunststoffen noem je ook wel ....

b De grondstof waarvan je kunststoffen maakt is ....

c Welke twee voordelen heeft het om kunststoffen niet te verbranden, maar te recyclen?

....

....

d Waarom zijn kunststoffen veel moeilijker te recyclen dan bijvoorbeeld glas en aluminium?

....

....

....

....

13 Een Nederlands bedrijf wil het kunststofafval omzetten in diesel als brandstof voor auto's. In figuur 9 zie je dit proces in vier stappen.

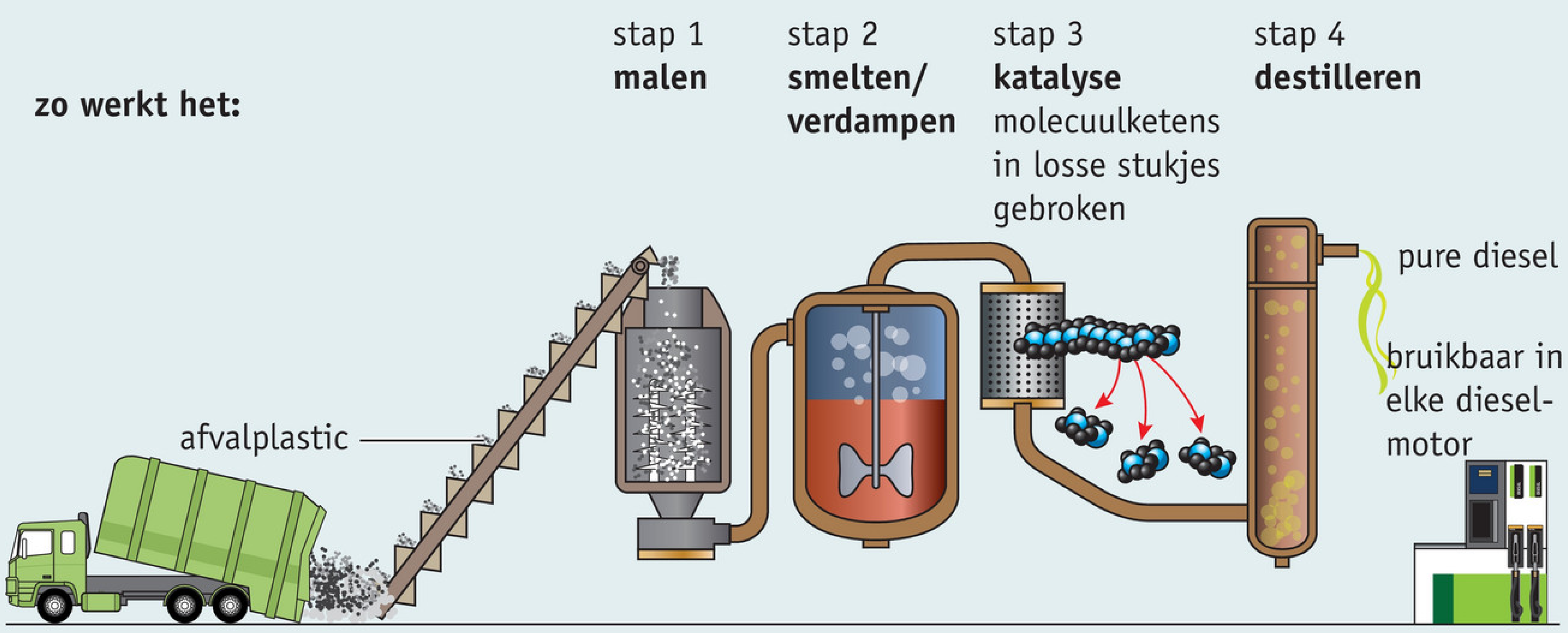
a In het productieproces verandert de fase van de kunststof. Bij welke stappen is de kunststof in de gasvormige fase?

- ☐ A stap 1: malen
- ☐ B stap 2: smelten / verdampen
- ☐ C stap 3: destilleren

b Een auto kan rijden op diesel uit aardolie of diesel uit kunststofafval. Diesel uit kunststof helpt bij het verminderen van de afvalberg. Geef nog een voordeel van diesel uit kunststof vergeleken bij diesel uit aardolie.

....

....



figuur 9 Nederlanders brouwen diesel uit afvalplastic.

4 Dichtheid

LEERDOELEN

7.4.1 Je kunt toepassingen van materialen beschrijven, waarbij dichtheid een grote rol speelt.

7.4.2 Je kunt met proeven de massa en het volume van vaste stoffen en vloeistoffen bepalen.

7.4.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met dichtheid, massa en volume.

7.4.4 Je kunt op basis van de dichtheid uitleggen wanneer een voorwerpt zinkt, zweeft en drijft.

EXTRA 7.4.5 Je kunt uitleggen welke twee factoren invloed hebben op de dichtheid van water.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	7.4.1	7.4.2	7.4.3	7.4.4	7.4.5
Onthouden	1a	1bc	1d, 5	3, 4	12
Begrijpen		7ab, 9a, 10a	6, 9c, 10c	11	
Toepassen		7c	7d, 9b, 10b	8	
Analyseren					13abcd

Alle piepschuim wordt gemaakt van dezelfde kunststof: polystyreen (PS). Toch loopt de dichtheid van verschillende soorten piepschuim flink uiteen. Hoe zou dat komen?

DICHTHEID

PROEF 1

Aluminium wordt vaak een ‘licht metaal’ genoemd, omdat het een kleine dichtheid heeft: 2,70 g/cm³. Dat is bijna drie keer zo weinig als de dichtheid van staal: 7,80 g/cm³. Voor veel toepassingen is een kleine dichtheid erg belangrijk. Vliegtuigen worden van aluminium gebouwd en niet van staal. Zo kun je de totale massa van het vliegtuig zo klein mogelijk houden (figuur 1).

Er zijn ook toepassingen waarvoor het materiaal juist een grote dichtheid moet hebben. In zo’n geval wordt vaak lood gebruikt. Lood is een ‘zwaar metaal’, met een dichtheid van 11,35 g/cm³. Het wordt onder andere gebruikt als ballast in schepen. Er worden dan zware blokken lood onder in een schip gelegd, zodat het vaartuig stabiel in het water ligt.



figuur 1 De meeste vliegtuigen hebben een aluminium frame.

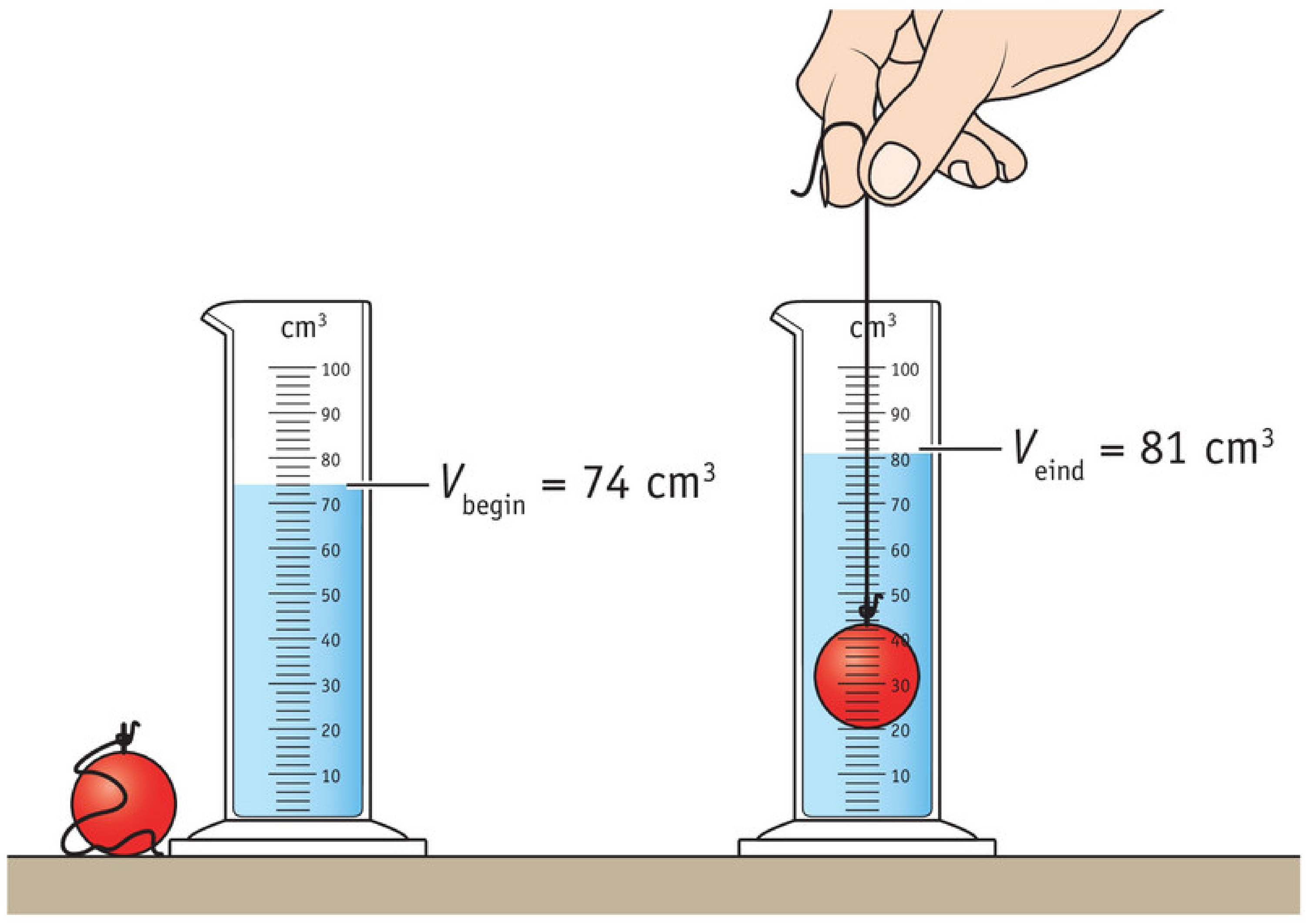
Om de **dichtheid** van een materiaal te bepalen, heb je een voorwerp nodig dat van dat materiaal is gemaakt. Je gaat daarbij als volgt te werk:

1 Bepaal het volume *V*, bijvoorbeeld met de onderdompelmethode (figuur 2).
2 Bepaal de massa *m* met een balans of een elektronische weegschaal.
3 Bereken de dichtheid ρ (de massa van 1 cm^3) met de formule:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

In deze formule is:

- ρ (de Griekse letter rho) de dichtheid in gram per kubieke centimeter (g/cm^3);
- *m* de massa van het voorwerp in gram (g);
- *V* het volume van het voorwerp in kubieke centimeter (cm^3).



figuur 2 Met de onderdompelmethode kun je het volume van de kogel bepalen.

VOORBEELDOPDRACHT 1

De aluminium kogel in figuur 2 heeft een massa van 19 g.
Bereken de dichtheid van aluminium.

gegevens $m = 19$ g
$V = 81 - 74 = 7{,}0\ cm^3$

gevraagd $\rho = ?$

uitwerking $\rho = \frac{m}{V}$

$$\rho = \frac{19}{7{,}0} = 2{,}7\ g/cm^3$$

DICHTHEID OP MAAT

Metalen zoals aluminium, ijzer of lood hebben elk hun eigen, kenmerkende dichtheid. Die dichtheid is een onveranderlijke stofeigenschap. Maar er zijn ook materialen waarvan de dichtheid geen vaste waarde heeft. Dat komt doordat zo'n materiaal niet overal uit dezelfde stof bestaat, maar een ingewikkelder samenstelling heeft.

Piepschuim (EPS) is een voorbeeld van zo'n samengesteld materiaal. Het wordt gemaakt door gas te blazen in vloeibaar polystyreen. Zo ontstaan kleine bolletjes kunststof waarin duizenden gasbelletjes zitten opgesloten. De bolletjes worden daarna in een vorm gedaan en verhit. Ze zwellen dan op doordat het gas uitzet, en smelten aan elkaar vast. Na afkoeling heb je een stevig blok piepschuim.

Een blok piepschuim bestaat grotendeels uit gas. Slechts een klein deel van het volume is (vaste) kunststof. De gasbelletjes in het schuim zijn niet altijd even groot. De producent laat de belletjes de ene keer verder uitzetten dan de andere keer. Zo kan hij het materiaal een grotere of kleinere dichtheid geven. In de praktijk loopt de dichtheid van piepschuim uiteen van 0,011 g/cm^3 tot 0,036 g/cm^3.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Een plaat piepschuim is 80 cm lang, 60 cm breed en 20 cm dik (figuur 3). De dichtheid van het piepschuim is 0,025 g/cm^3.
Bereken de massa van de plaat.

gegevens l = 80 cm
b = 60 cm
h = 20 cm
ρ = 0,025 g/cm^3

gevraagd m = ?

uitwerking $V = l \cdot b \cdot h$
V = 80 × 60 × 20 = 96 000 cm^3
$\rho = \frac{m}{V}$
Werk de formule om, zie de vaardigheid *Werken met formules*.
$m = \rho \cdot V$ = 96 000 × 0,025 = 2400 g = 2,4 kg



figuur 3 Grote platen piepschuim zijn zonder veel moeite te tillen.

DE DICHTHEID VAN VLOEISTOFFEN

Vloeistoffen hebben net als vaste stoffen een eigen, kenmerkende dichtheid. Om de dichtheid van een vloeistof te bepalen, heb je een balans of elektronische weegschaal en een maatcilinder nodig. Je gebruikt deze meetinstrumenten om de massa en het volume van de vloeistof te bepalen. Daarna kun je de dichtheid op de gebruikelijke manier berekenen.

Je gaat als volgt te werk:

1. Bepaal de massa van de lege maatcilinder met de weegschaal. Die noem je $m_{(leeg)}$.
2. Doe een hoeveelheid vloeistof in de maatcilinder. Lees het volume V van de vloeistof af.
3. Bepaal daarna de massa van de maatcilinder met vloeistof. Die noem je $m_{(gevuld)}$.
4. Bepaal de massa m van de vloeistof door $m_{(leeg)}$ af te trekken van $m_{(gevuld)}$.
5. Bereken ten slotte ρ met de formule voor de dichtheid, net als bij vaste stoffen.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Bepaal de dichtheid van de vloeistof in figuur 4.

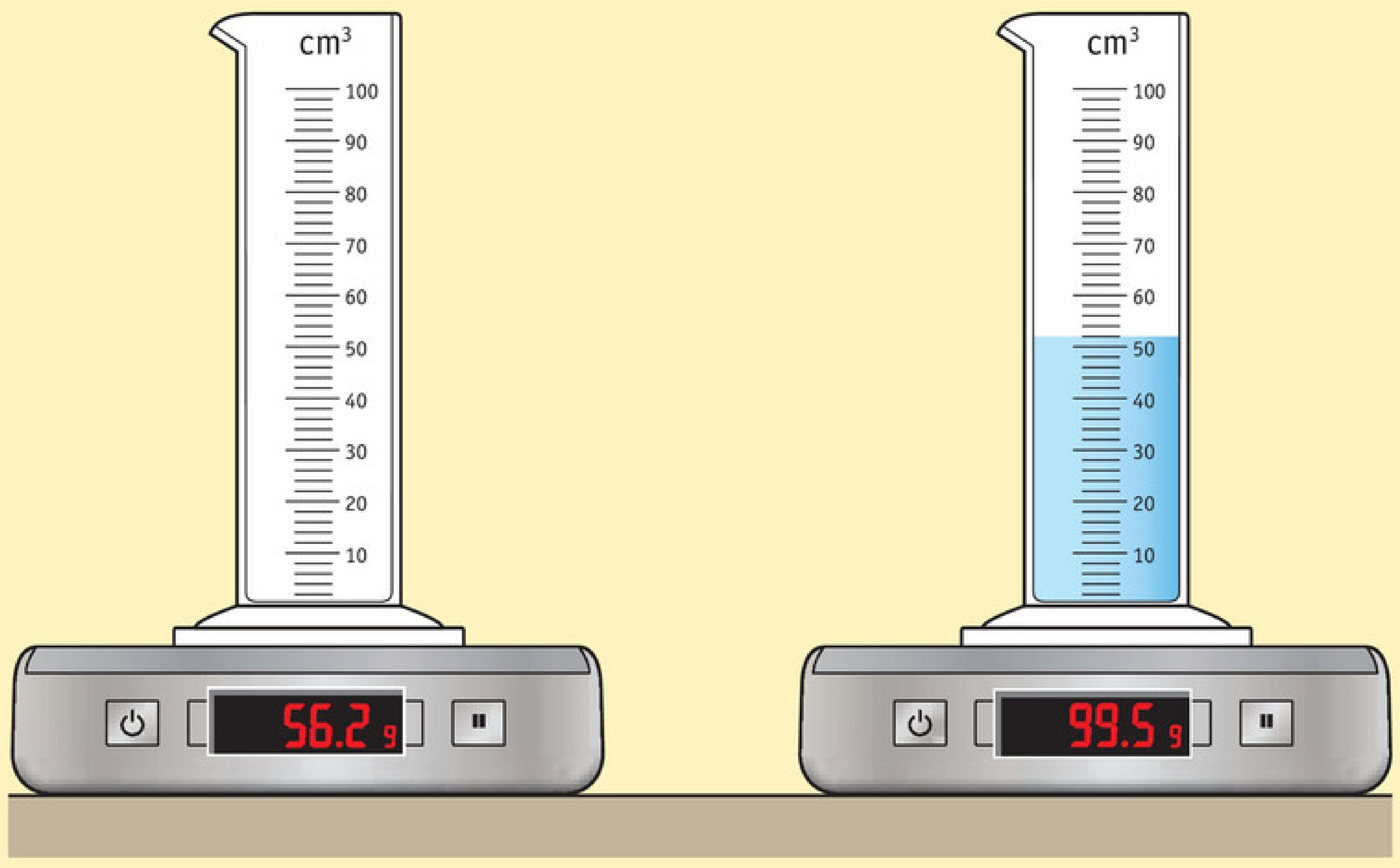
gegevens $V = 52\ \text{cm}^3$

$m = m_{gevuld} - m_{leeg} = 99{,}5 - 56{,}2 = 43{,}3\ \text{g}$

gevraagd $\rho = ?$

uitwerking $\rho = \dfrac{m}{V}$

$\rho = \dfrac{43{,}3}{52} = 0{,}83\ \text{g/cm}^3$



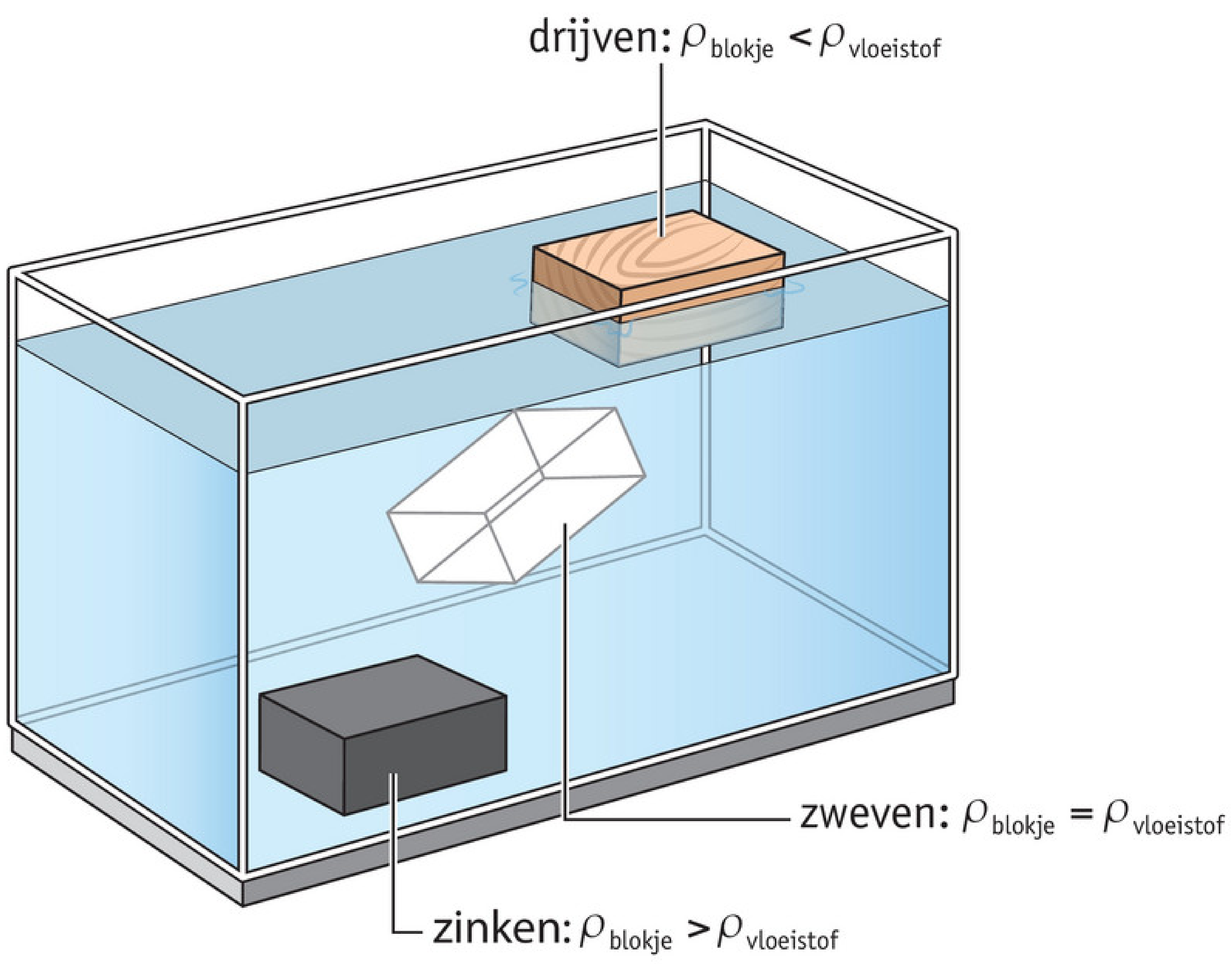
figuur 4 Met deze gegevens kun je de dichtheid van de vloeistof bepalen.

ZINKEN, ZWEVEN EN DRIJVEN

PROEF 2+3

Het hangt van de dichtheid af of een voorwerp zinkt, zweeft of drijft. Dat kun je nagaan door proeven te doen met verschillende voorwerpen (figuur 5). Uit die proeven blijkt dat een voorwerp:

- zinkt, als de dichtheid van het materiaal groter is dan de dichtheid van de vloeistof;
- zweeft, als de dichtheid van het materiaal even groot is als de dichtheid van de vloeistof;
- drijft, als de dichtheid van het materiaal kleiner is dan de dichtheid van de vloeistof.



figuur 5 Zinken – zweven – drijven.

Een surfplank moet een groot drijfvermogen hebben. De plank heeft daarom een kern van piepschuim. De kleine dichtheid van dit materiaal zorgt ervoor dat de plank goed blijft drijven. De buitenkant van de plank is gemaakt van epoxy (een kunststof) dat versterkt is met glasvezel of carbonfiber. Dit harde materiaal zorgt voor voldoende stevigheid en beschermt de kwetsbare schuimkern tegen beschadigingen (figuur 6).



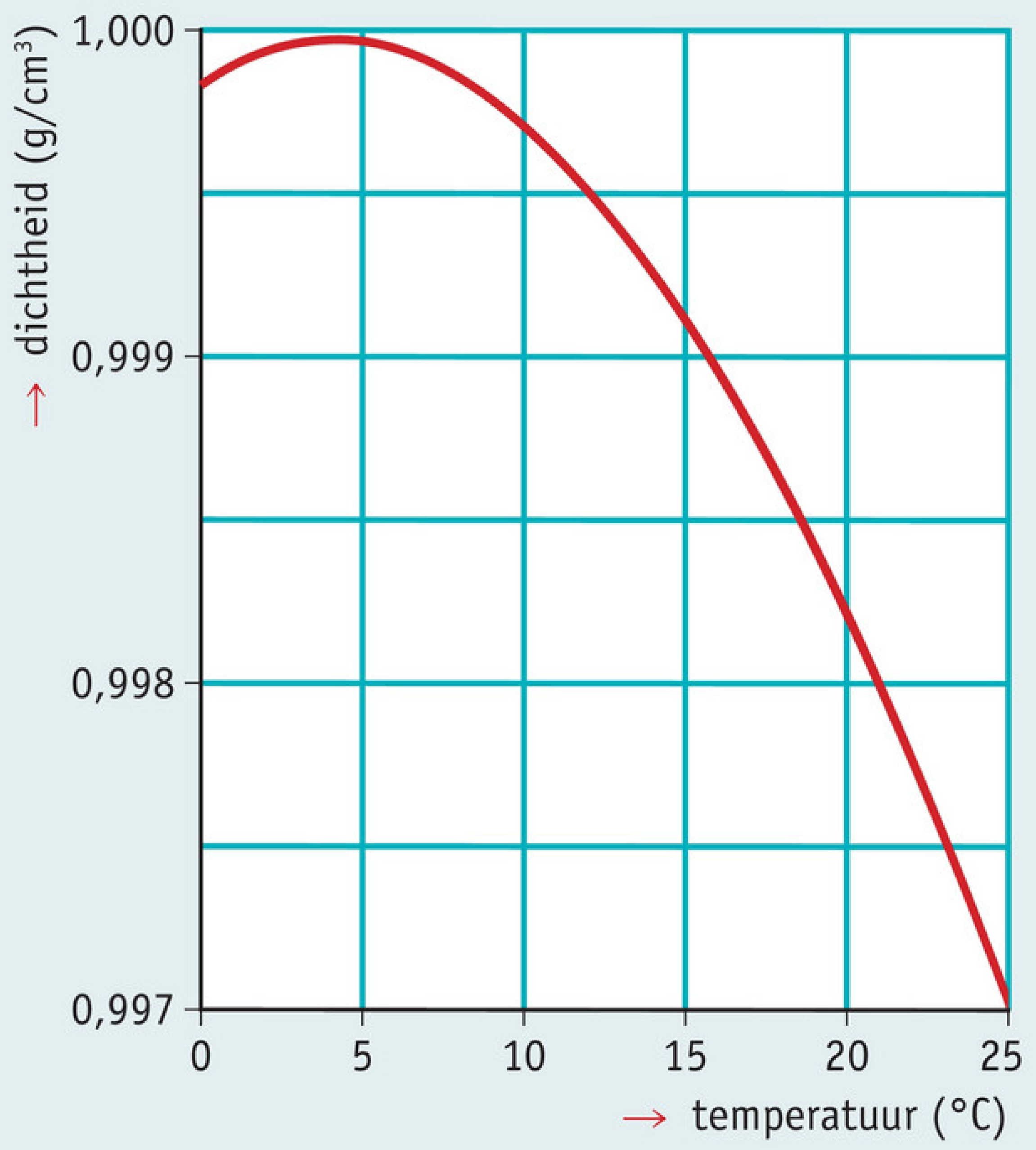
figuur 6 Een surfplank is gebaseerd op een slimme combinatie van materialen.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA DE DICHTHEID VAN WATER

Water heeft een dichtheid van precies 1,000 g/cm³ als de temperatuur 4 °C (277 K) is. Die dichtheid verandert als je de temperatuur hoger of lager maakt. De dichtheid van water wordt bij hogere temperatuur kleiner doordat het water uitzet: een groter volume bij dezelfde massa levert een kleinere dichtheid op. Bij 21 °C is de dichtheid van water nog maar 0,998 g/cm³ (figuur 7).

De dichtheid van water verandert ook wanneer je er andere stoffen in oplost. Zeewater bijvoorbeeld heeft een grotere dichtheid dan zoet water, door al het zout dat erin is opgelost: ongeveer 35 gram per liter. Zeewater van 21 °C heeft een dichtheid van 1,025 g/cm³, bijna 3% hoger dan water zonder zout.



figuur 7 Het verband tussen de dichtheid van (zuiver) water en de temperatuur.

De verschillen in dichtheid lijken misschien niet erg groot, maar ze zijn wel belangrijk voor de scheepvaart. Een schip komt dieper in het water te liggen als de dichtheid van het water afneemt. Daar moeten beladers van het schip rekening mee houden (figuur 8). Anders kan een schip gevaarlijk diep komen te liggen, bijvoorbeeld als het van zee naar een gebied met zoet water vaart.



figuur 8 Het laden van een containerschip.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Lood heeft een .... dichtheid; daarom wordt het een '...................... metaal' genoemd.

b Met de onderdompelmethode kun je het .... van een voorwerp bepalen.

c Je gebruikt een .... om het volume van een vloeistof te meten.

d Om de dichtheid te berekenen, moet je de .... delen door het ....

2 Een voorwerp drijft op water.
Wat kun je zeggen over de dichtheid van het materiaal waarvan het voorwerp is gemaakt?

- ○ A De dichtheid is 0 g/cm^3.
- ○ B De dichtheid ligt tussen 0 en 1 g/cm^3.
- ○ C De dichtheid is 1 g/cm^3.
- ○ D De dichtheid is groter dan 1 g/cm^3.

3 Een voorwerp blijft in het water zweven.
Wat kun je zeggen over de dichtheid van het materiaal waarvan het voorwerp is gemaakt?

- ○ A De dichtheid is 0 g/cm^3.
- ○ B De dichtheid ligt tussen 0 en 1 g/cm^3.
- ○ C De dichtheid is 1 g/cm^3.
- ○ D De dichtheid is groter dan 1 g/cm^3.

4 Een voorwerp zinkt in het water.
Wat kun je zeggen over de dichtheid van het materiaal waarvan het voorwerp is gemaakt?

- ○ A De dichtheid is 0 g/cm^3.
- ○ B De dichtheid ligt tussen 0 en 1 g/cm^3.
- ○ C De dichtheid is 1 g/cm^3.
- ○ D De dichtheid is groter dan 1 g/cm^3.

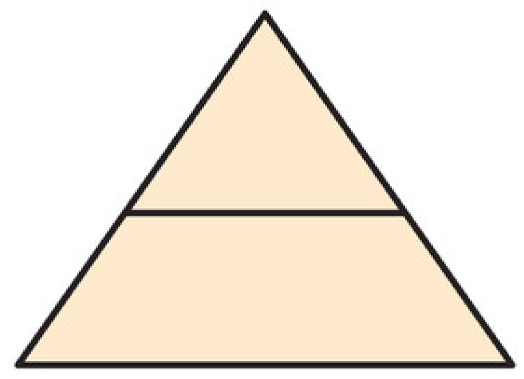
5 Zie de vaardigheid *Werken met grootheden en eenheden.*
In tabel 1 zie je een overzicht van alle grootheden en eenheden die in deze paragraaf worden gebruikt.
Zet de ontbrekende woorden en symbolen in de tabel.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	letter	eenheid	letter
			g
		kubieke centimeter	
dichtheid			

TOEPASSING

6 Zie de vaardigheid *Werken met formules*.
Je kunt de formule voor dichtheid op drie verschillende manieren opschrijven. Een formuledriehoek kan daarbij een handig hulpmiddel zijn.
Zet in figuur 9 op de juiste plaats de symbolen voor dichtheid, massa en volume.



figuur 9 Met deze driehoek kun je de formule voor dichtheid omwerken.

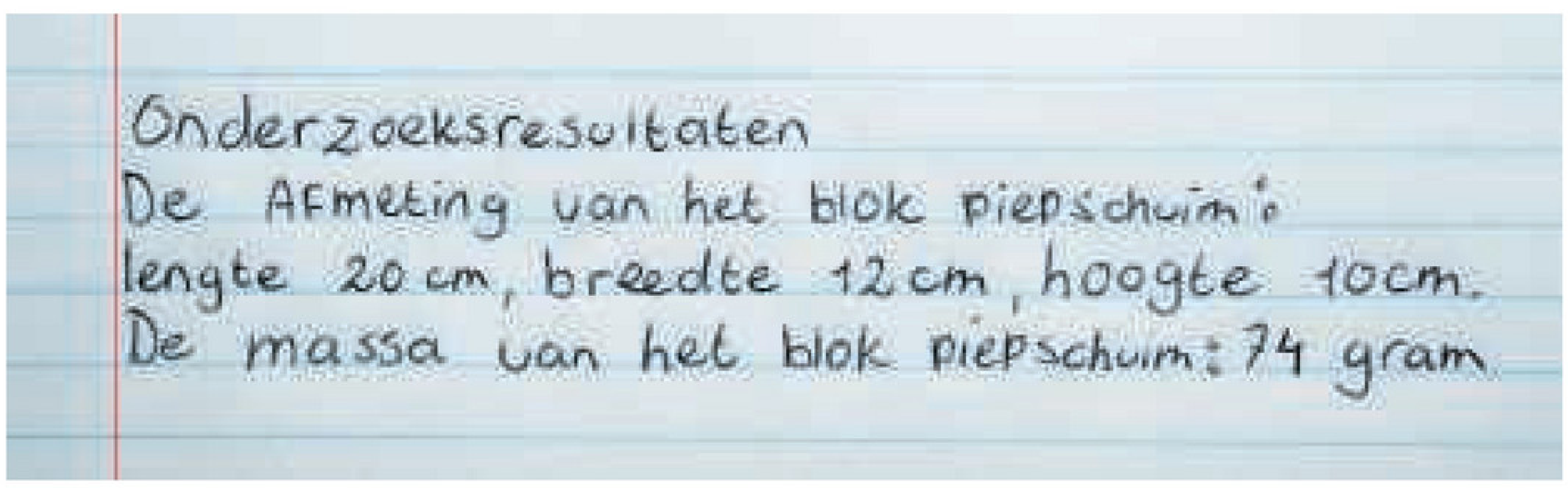
7 Gebruik *BINAS* tabel 5 *Omtrek, oppervlakte en inhoud*.
Ayse wil de dichtheid van een rechthoekig blok piepschuim bepalen. Ze besluit om eerst de afmetingen van het blok te meten en daarna de massa.

a Met welk meetinstrument kan Ayse de afmetingen van het blok bepalen?

b Met welk meetinstrument kan Ayse de massa van het blok bepalen?

c In figuur 10 zie je Ayses meetresultaten.
Bereken eerst het volume van het blok piepschuim.

d Bereken nu met deze meetgegevens de dichtheid van het piepschuim.



figuur 10 Ayses meetresultaten.

8 Gebruik *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen* en tabel 16 *Gegevens van enkele vloeistoffen*.
In tabel 2 staan zes voorwerpen. Ga van ieder voorwerp na:
- of het drijft in water;
- of het drijft in alcohol.

Zet de uitkomsten in tabel 2.

tabel 2 Drijven of zinken?

voorwerp	drijft in water	drijft in alcohol
klontje paraffine		
plexiglas cilinder		
eikenhouten blokje		
bootje van vurenhout		
schaakstuk van glas		
ijsblokje uit vriesvak		

9 Levi heeft kogelmagneetjes gekocht (figuur 11). Hij wil het volume van één magneetje meten. Levi vult een maatcilinder met een volume van 10,5 mL water. Dan laat hij tien magneetjes in de maatcilinder zakken.

a Waarom is het beter tien magneetjes in de maatcilinder te doen dan één magneetje?

....

....

....

b Levi bepaalt met een weegschaal dat de massa van één magneetje 5,17 g is. De dichtheid van de magneetjes is 7,6 g/cm^3.
Bereken het volume van tien magneetjes en geef het eindniveau van de maatcilinder aan in figuur 12.

....

....

....

....

....

....

....

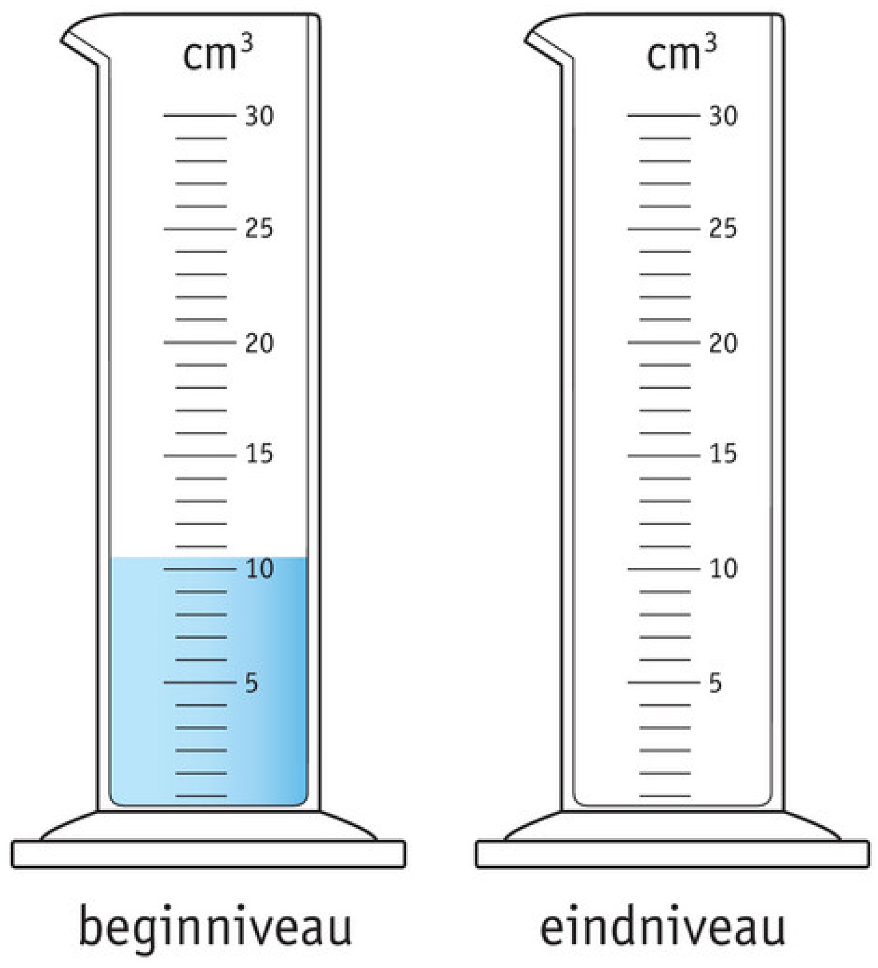
....

c Als Levi een magneetje bij een paperclip houdt, beweegt de paperclip naar het magneetje toe.
- ○ A Dit is een chemische reactie.
- ○ B Dit is een natuurkundig proces.
- ○ C Dit is zowel een natuurkundig proces als een chemische reactie.

naar: examen 2019-I



figuur 11 Een kubus van kogelmagneetjes.



figuur 12 Beginniveau en eindniveau bij de meting.

10 Gebruik *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen.*
Tijdens een practicum krijgt Dimitri de opdracht om de dichtheid van een stof te bepalen. Hij krijgt een brokje van die stof. Voor zijn meting gebruikt Dimitri een balans en een maatcilinder.

a Beschrijf de handelingen die Dimitri moet uitvoeren om het volume van het brokje te bepalen.

....

....

....

....

b Het voorwerp heeft een massa van 100 g en een volume van 12,8 cm^3.
Bepaal de dichtheid van het brokje stof.

....

....

....

....

....

c Van welke stof zou het brokje gemaakt kunnen zijn?

....

11 Het productieproces van kaas bestaat uit een aantal stappen. Kaas wordt eerst geperst om een groot deel van het water uit de kaas te halen. Nadat de kazen zijn geperst, worden ze in een zoutbad gelegd waarin ze drijven (figuur 13).
Wat is juist over de dichtheid van de kaas?

- ○ A Die is gelijk aan de dichtheid van het zoute water.
- ○ B Die is groter dan de dichtheid van het zoute water.
- ○ C Die is kleiner dan de dichtheid van het zoute water.

naar: examen 2017-II



figuur 13 Kazen in een zoutbad.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA DE DICHTHEID VAN WATER

12 De dichtheid van water verandert als je de temperatuur hoger of lager maakt.

- **a** Zoet water van 25 °C heeft een *kleinere* / *grotere* dichtheid dan zoet water van 5 °C.
- **b** Zeewater van 25 °C heeft een *kleinere* / *grotere* dichtheid dan zoet water van 25 °C.
- **c** Als je keukenzout in water oplost, krijgt het water een *kleinere* / *grotere* dichtheid.
- **d** Een schip krijgt een *kleinere* / *grotere* diepgang als het van zoet in zout water komt.

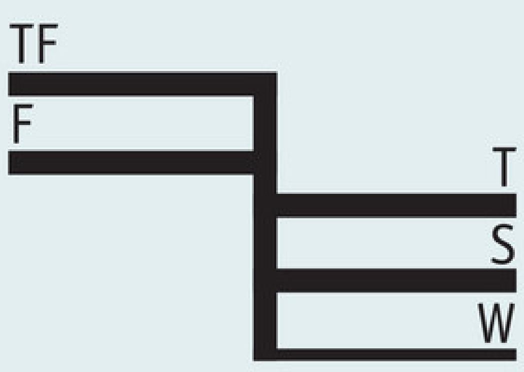
★ 13 Op de zijkant van vrachtschepen wordt vaak een merkteken aangebracht, het plimsollmerk (figuur 14). Dit merk geeft aan tot welke lijn het water mag komen als je het schip met goederen laadt.

- **a** In welke soort water ligt een schip het diepst? Waaraan zie je dat?

....

....

....



TF = Tropical Fresh	zoet water in de tropen
T = Tropical	in de tropen
F = Fresh water	zoet water
S = Summer	zomer
W = Winter	winter

figuur 14 Het plimsollmerk.

b De lijnen T, S en W geven aan tot hoever je het schip mag beladen in zeewater.
Hoe kun je aan het Plimsollmerk zien dat zeewater in de zomer een kleinere dichtheid heeft dan in de winter?

....

....

....

....

c Hoe kun je verklaren dat zeewater in de zomer een kleinere dichtheid heeft dan in de winter?

....

....

....

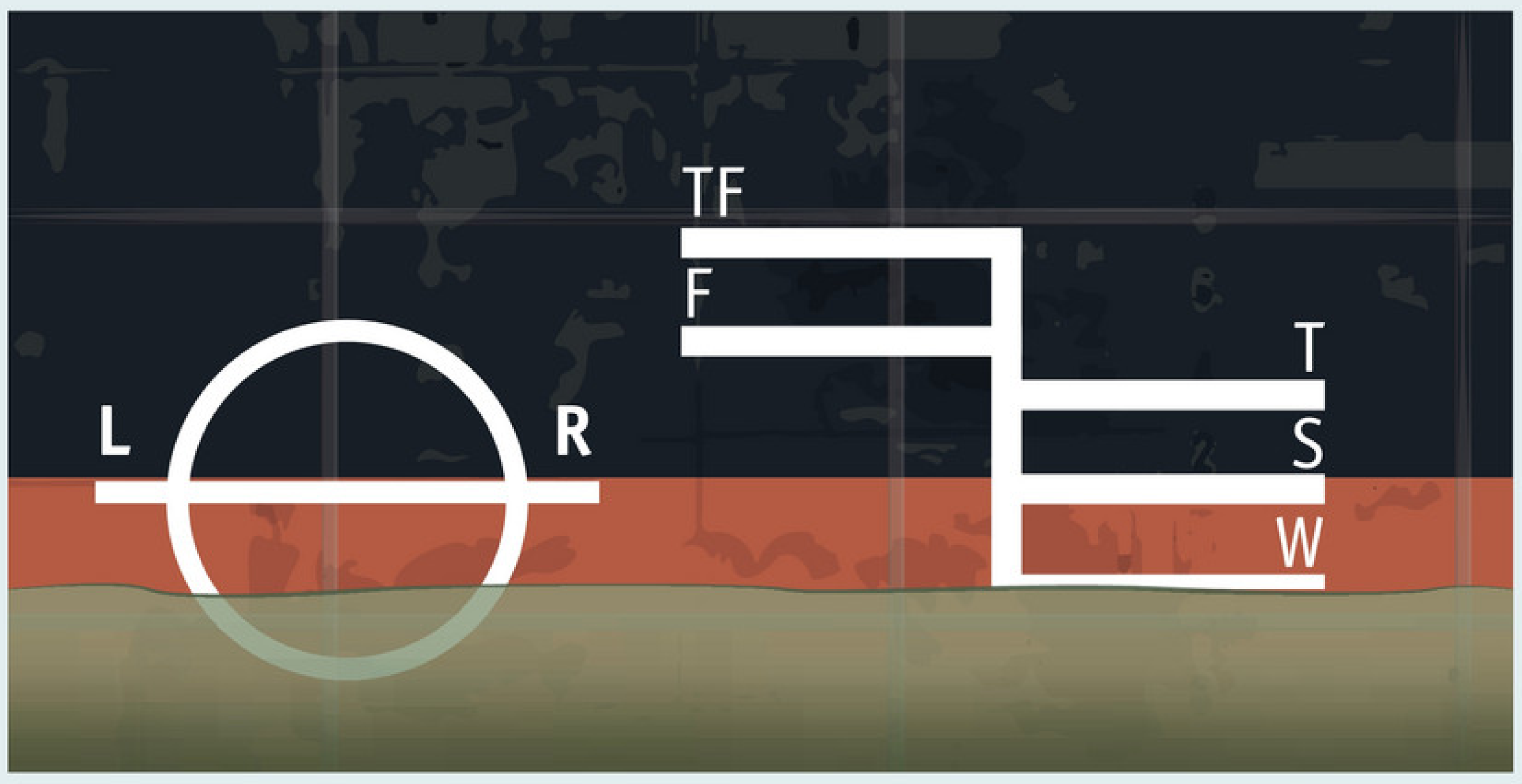
....

d Een vrachtschip wordt in Rotterdam volgeladen tot aan de lijn W (figuur 15). Het vaart daarna naar Lagos in Nigeria.
Waar zal het water staan als het schip in de zeehaven van Lagos aankomt?

....

....

....



figuur 15 Bij dit schip staat het water tot aan lijn W van het plimsollmerk.

Practica

PROEF 1 DE DICHTHEID VAN EEN STOF BEPALEN

30 minuten

Inleiding

Elke stof heeft een bepaalde dichtheid. Je kunt de dichtheid berekenen door de massa van een voorwerp of hoeveelheid stof te delen door het volume.

Doel

Bij deze proef bepaal je de dichtheid van een stof. Zo kun je erachter komen om welke stof het gaat.

Nodig

- ☐ digitale weegschaal
- ☐ maatcilinder
- ☐ meetlat
- ☐ 2 rechthoekige blokken van verschillende materialen en afmetingen
- ☐ 2 onregelmatig gevormde voorwerpen van verschillende materialen en afmetingen

Uitvoeren en uitwerken

Stap 1

- Bepaal de massa en het volume van de twee rechthoekige blokken.

1 Zet de meetresultaten in tabel 1.

tabel 1 Meetresultaten en uitkomsten.

blok	lengte (cm)	breedte (cm)	hoogte (cm)	volume (cm^3)	massa (g)	dichtheid (g/cm^3)	stof
1							
2							

- Bereken de dichtheid van de stoffen waarvan de blokken zijn gemaakt met de formule:
  $\rho = \frac{m}{V}$

2 Zet de uitkomsten in tabel 1.

- Gebruik *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen*.
  Bepaal van welke stoffen de blokken zijn gemaakt.

3 Zet de stoffen in tabel 1.

Stap 2

- Bepaal de massa en het volume van de twee onregelmatig gevormde voorwerpen.

4 Zet de meetresultaten in tabel 2.

tabel 2 Meetresultaten en uitkomsten.

voorwerp	volume (cm^3)	massa (g)	dichtheid (g/cm^3)	stof
1				
2				

- Bereken de dichtheid van de stof waarvan de voorwerpen zijn gemaakt.

5 Zet de uitkomsten in tabel 2.

- Bepaal van welke stoffen de voorwerpen zijn gemaakt.

6 Zet de stoffen in tabel 2.

- Ruim alles netjes op.

PROEF 2 DICHTHEID EN DRIJFVERMOGEN

40 minuten

Inleiding

Een voorwerp dat drijft steekt maar voor een deel boven de vloeistof uit. De rest van het voorwerp bevindt zich onder het vloeistofoppervlak. Hoe groter het deel is dat boven de vloeistof uitsteekt (uitgedrukt als percentage van het volume), des te groter is het drijfvermogen.

Doel

Bij deze proef onderzoek je het verband tussen de dichtheid en het drijfvermogen. De onderzoeksvraag luidt:
Is er een verband tussen de dichtheid en het drijfvermogen?

Nodig

- ☐ blokje eikenhout (blokje 1)
- ☐ blokje vurenhout (blokje 2)
- ☐ blokje piepschuim (blokje 3)
- ☐ aquariumbak
- ☐ digitale camera
- ☐ liniaal
- ☐ elektronische weegschaal

Uitvoeren en uitwerken

Uitvoeren

Je bepaalt de dichtheid van:
- het eikenhout waarvan blokje 1 is gemaakt;
- het vurenhout waarvan blokje 2 is gemaakt;
- het piepschuim waarvan blokje 3 is gemaakt.

Stap 1

- Meet de lengte, de breedte en de hoogte van elk blokje.
- Zet de maten op de juiste plaats in tabel 3.
- Bereken het volume van elk blokje met de formule: volume = lengte × breedte × hoogte.
- Zet het volume op de juiste plaats in tabel 3.

Stap 2

- Gebruik de weegschaal om de massa van elk blokje te bepalen.
- Zet de massa op de juiste plaats in tabel 3.

Stap 3

- Bereken de dichtheid van elk blokje met de formule: $\rho = \frac{m}{V}$
- Zet de dichtheid van elk blokje op de juiste plaats in tabel 3.

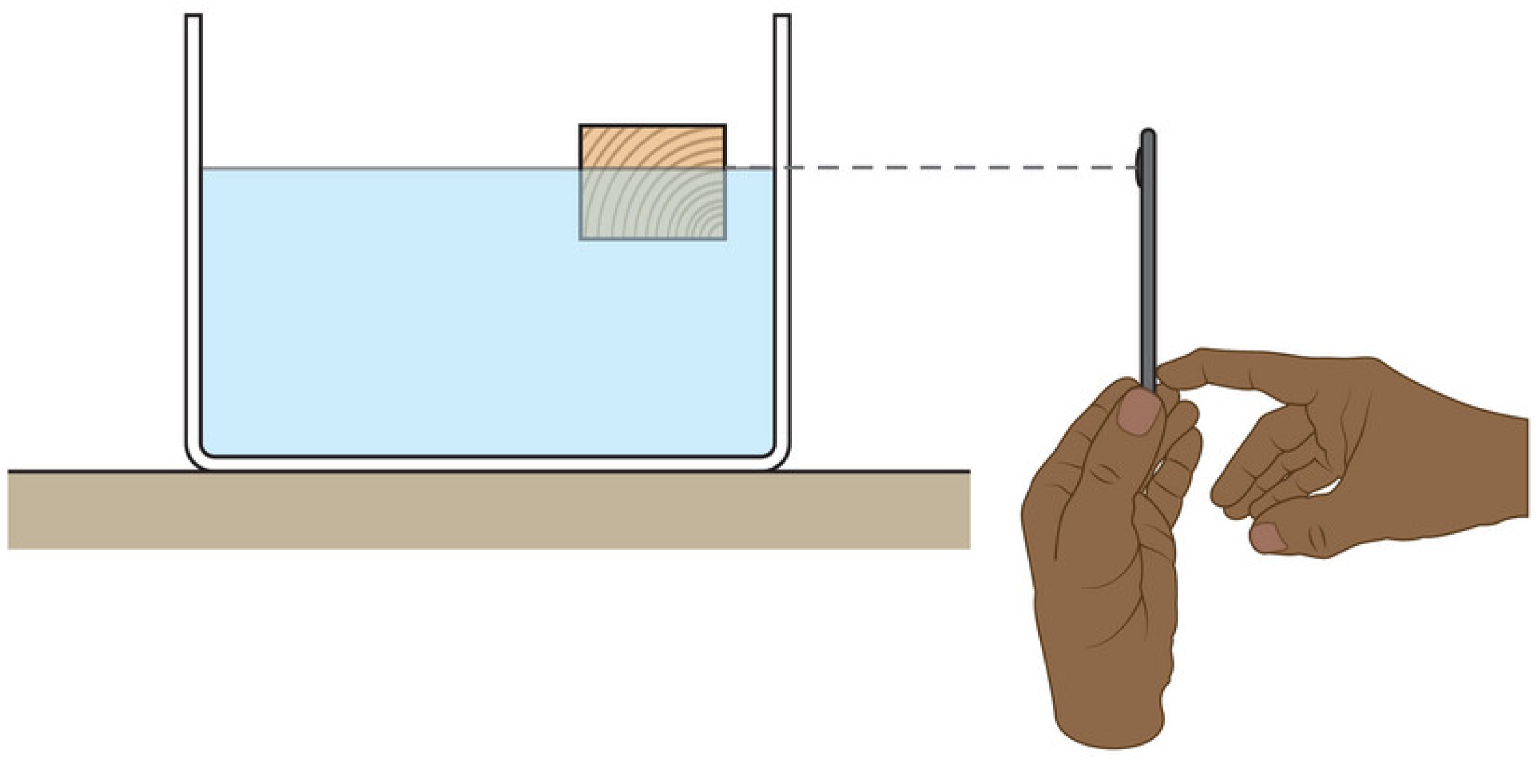
tabel 3 De dichtheid van de blokjes.

blokje	lengte (cm)	breedte (cm)	hoogte (cm)	volume (cm^3)	massa (g)	dichtheid (g/cm^3)
1						
2						
3						

Stap 4

- Vul de aquariumbak voor de helft met water.
- Leg blokje 1 in de aquariumbak met water.
- Fotografeer het blokje van opzij door het glas, zoals in figuur 1 is getekend.
- Doe hetzelfde met de blokjes 2 en 3.

- Ruim alles netjes op voordat je verdergaat.



figuur 1 Zo kun je het drijvende blokje fotograferen.

Gebruik de foto's om zo precies mogelijk te bepalen hoeveel procent van elk blokje boven het water uitsteekt.

Stap 5

- Meet op elke foto de hoogte van het blokje dat boven het water uitsteekt.
- Zet die hoogte op de juiste plaats in tabel 4.
- Meet op de foto's ook de totale hoogte van elk blokje.
- Zet de totale hoogte van elk blokje op de juiste plaats in tabel 4.

Stap 6

- Bereken het deel dat van elk blokje boven het water uitsteekt met de formule:

$$\text{deel boven water} = \frac{\text{hoogte boven water}}{\text{totale hoogte}} \times 100\%$$

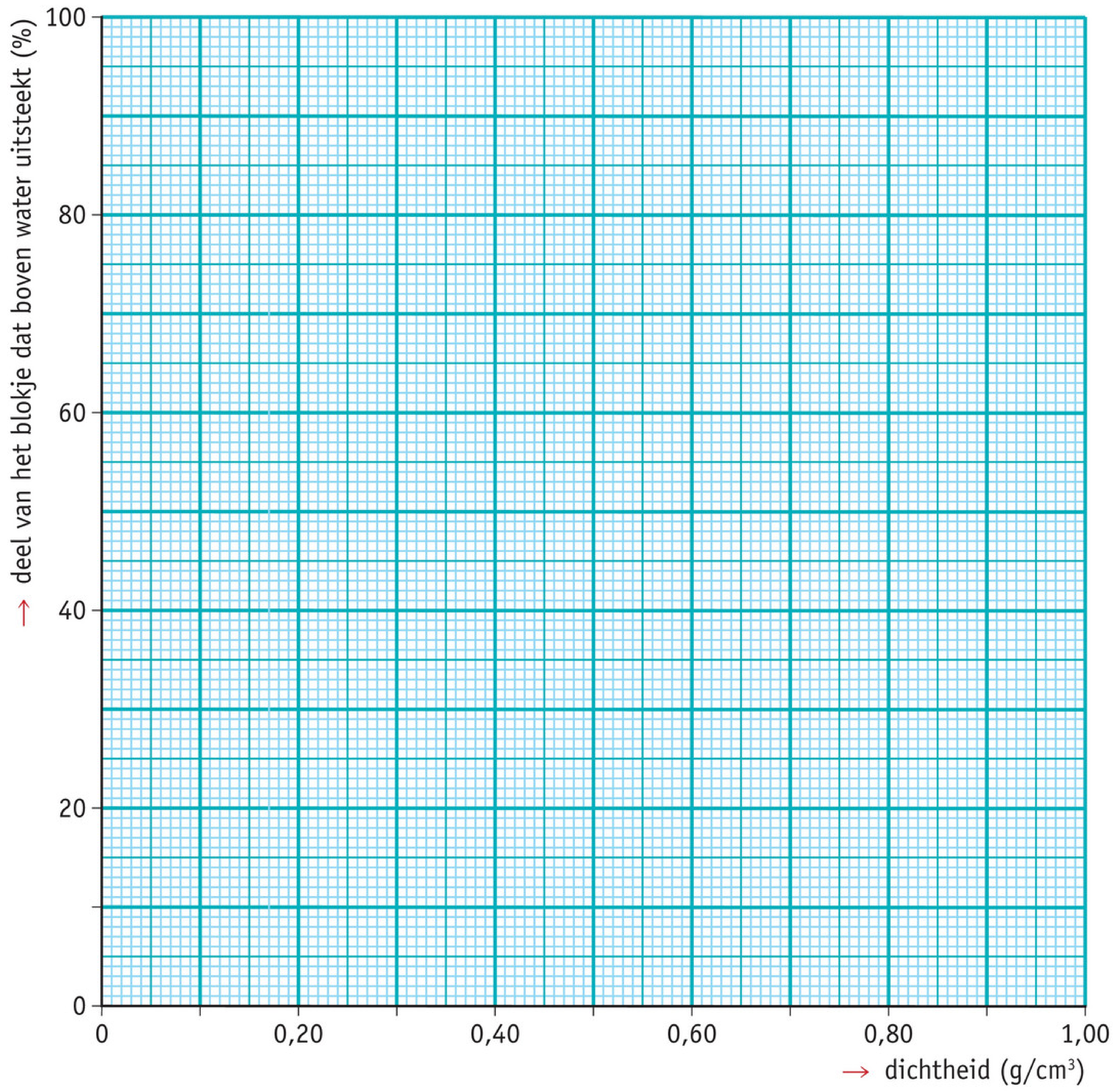
- Zet de uitkomst op de juiste plaats in tabel 4.

tabel 4 Hoeveel procent van de blokjes steekt boven het water uit?

blokje	hoogte boven water (cm)	totale hoogte (cm)	deel boven water (%)
1			
2			
3			

Uitwerken

1 Teken in figuur 2 een grafiek van deze proef.



figuur 2 Het verband tussen de dichtheid en het drijfvermogen.

2 Welk verband bestaat er tussen de twee grootheden in figuur 2?

- ○ A evenredig verband
- ○ B lineair verband
- ○ C omgekeerd evenredig verband

- Maak op de computer een verslag van deze proef. Neem de foto's op in je verslag, onder het kopje 'Onderzoeksresultaten'.

PROEF 3 KUNSTSTOFFEN VAN ELKAAR ONDERSCHEIDEN

30 minuten

Inleiding

Kunststoffen worden allemaal gemaakt van aardolie. Toch hebben ze uiteenlopende eigenschappen. De dichtheid kan bijvoorbeeld uiteenlopen van 0,9 g/cm^3 tot 1,8 g/cm^3.

Doel

Je onderzoekt hoe je verschillende soorten kunststof kunt herkennen aan hun dichtheid.

Nodig

- ☐ bekerglas
- ☐ roerstaaf
- ☐ 4 genummerde stukjes kunststof
- ☐ water
- ☐ spiritus
- ☐ keukenzout

Uitvoeren en uitwerken

Uitvoeren

- Giet het bekerglas voor een kwart vol met leidingwater.
- Doe de vier stukjes kunststof in het water en roer even.

1 Welke stukjes kunststof zinken in water? Schrijf de nummers op.

....

- Zie de vaardigheid *Veilig werken met stoffen.*
  Giet een beetje spiritus in het water en roer weer.
- Ga door met het toevoegen van kleine hoeveelheden spiritus, totdat er nog een stukje kunststof naar de bodem zinkt.

2 Welk stukje kunststof zinkt op een gegeven moment? Schrijf het nummer op.

....

3 Welk stukje kunststof blijft dan nog drijven? Schrijf het nummer op.

....

- Pak de twee stukjes die in water zinken. Doe ze in een bekerglas dat voor een kwart is gevuld met kraanwater.
- Voeg schepjes zout toe en roer. Ga daarmee net zo lang door, totdat één van de twee stukjes gaat drijven.

- Ruim alles netjes op voordat je verdergaat.

4 Welk stukje kunststof gaat drijven in de zoutoplossing? Schrijf het nummer op.

....

5 Welk stukje kunststof blijft dan nog op de bodem liggen? Schrijf het nummer op.

....

Uitwerken

6 In tabel 5 staan de dichtheden van de vier kunststoffen die je hebt onderzocht.
Welke kunststof hoort bij welk nummer?

1 = ...

2 = ...

3 = ...

4 = ...

tabel 5 De dichtheid van vier kunststoffen.

kunststof	dichtheid (g/cm^3)
HDPE	0,95 – 0,97
PP	0,90 – 0,91
PET	1,38 – 1,39
PS	1,05 – 1,07

7 Leg uit hoe je aan je antwoord op vraag 6 bent gekomen.

De kunststof .... heeft de kleinste dichtheid, want

....

....

....

....

8 Om PP en HDPE van elkaar te kunnen onderscheiden, moet je de proef nauwkeurig uitvoeren.
Waarom moet je met kleine scheutjes spiritus werken?

....

....

....

....

9 Waarom hoef je bij het onderscheiden van PS en PET niet zo nauwkeurig te werken?

....

....

....

....

Leerstofoverzicht

7.1 MATERIALEN TOEPASSEN

ONTHOUD

- Elk materiaal heeft eigenschappen die het geschikt maken voor sommige toepassingen en ongeschikt voor andere. Als je een materiaal kiest, kijk je of het de juiste eigenschappen heeft. Daarnaast let je ook op de prijs en de beschikbaarheid.
- Voor een constructiemateriaal zijn drie eigenschappen van belang:
  - goed bestand zijn tegen druk- en trekkrachten;
  - verspaanbaar of gemakkelijk te bewerken;
  - verbindbaar; geschikt om stevig te verbinden.
- Vloeistoffen worden vaak verpakt in glas of polyetheen. Beide materialen houden vloeistoffen en gassen tegen. Ze geven geen stoffen af aan de vloeistof die erin verpakt zit en ze worden niet aangetast door zuren. Polyetheen heeft twee grote voordelen tegenover glas; polyetheen is niet breekbaar en heeft een lage dichtheid.
- Carbonfiber bestaat uit een kunststof die is versterkt met koolstofvezel. Carbonfiber is extreem sterk en heeft een lage dichtheid. Om deze twee redenen wordt carbonfiber veel toegepast in sportartikelen: tennisrackets, golfclubs, racefietsframes en surfplankmasten.

BEGRIPPEN

composiet
Materiaal dat uit twee bestanddelen bestaat.

materiaal
Stof die je gebruikt om een voorwerp of product te maken.

verbinding
Manier om onderdelen van een constructie of voorwerp aan elkaar vast te maken.

verspaanbaar
Materiaaleigenschap die aangeeft of je van een materiaal gemakkelijk stukjes kunt weghalen.

7.2 VAN GRONDSTOF TOT PRODUCT

ONTHOUD

- Voor het maken van een product zijn vier stappen nodig:
  - grondstoffen uit de natuur halen;
  - grondstoffen bewerken;
  - produceren van halffabricaten;
  - producten maken uit halffabricaten.
- Bauxiet is de grondstof voor het maken van aluminium. Als het bauxiet is bewerkt, blijft er vloeibaar aluminium over. Van het aluminiumoxide wordt met behulp van elektriciteit vloeibaar aluminium gemaakt.
- Aan het vloeibare aluminium worden andere metalen toegevoegd, zodat de juiste legering ontstaat. Nadat de aluminium legering is afgekoeld, kan ze worden gewalst tot een dunne aluminiumplaat: het halffabricaat. Uit deze plaat kan een eindproduct worden gemaakt, zoals frisdrankblikjes.
- Het maken van producten heeft gevolgen voor het milieu. Je moet daarbij kijken naar:
  - het verbruik van grondstoffen;
  - het verbruik van energie;
  - het ontstaan van afvalstoffen.

BEGRIPPEN

afvalstof
Materiaal dat of stof die na afloop van het productieproces overblijft en daarin niet nuttig kan worden (her)gebruikt.

eindproduct
Product dat klaar is voor gebruik.

grondstof
Onbewerkt, ruw materiaal dat aan de basis staat van een productieproces.

halffabricaat
Bewerkte grondstof die geschikt is om eindproducten van te maken.

legering
Mengsel van een metaal met één of meer andere stoffen; meestal andere metalen.

productieproces
Reeks stappen die nodig zijn om van een grondstof tot een eindproduct te komen.

recyclen
Hergebruiken van materialen in nieuwe producten (dus niet hergebruik van producten).

7.3 AFVALVERWERKING

ONTHOUD

- Als mensen slordig omgaan met het afval dat ze produceren, kunnen er schadelijke stoffen in het milieu terechtkomen. Daarom zijn in Nederland regels opgesteld voor de verwerking van afval.
- Afval wordt gescheiden ingezameld. Voorbeelden van verschillende soorten afval die gescheiden worden ingezameld zijn:
  - groente-, fruit- en tuinafval (gft-afval);
  - glas;
  - papier;
  - klein chemisch afval (kca);
  - puin;
  - metalen.
- Sommige materialen zoals papier, glas en aluminium kun je steeds opnieuw gebruiken. Dit heet recyclen. Voor al deze materialen geldt dat het moeilijk is om een perfecte kringloop op te zetten. Onderzoekers werken hard aan oplossingen om tot een circulaire economie te komen.
- Afval dat niet gecomposteerd of gerecycled kan worden, wordt meestal verbrand. Als verbranden niet mogelijk is, wordt het afval gestort. De voordelen van verbranden zijn dat het warmte oplevert en dat er geen stortplaats voor nodig is. Het nadeel van verbranden is dat bij verbranding schadelijke stoffen in de lucht terecht kunnen komen.

BEGRIPPEN

composteren
Afbreken van plantaardig afval door wormen, schimmels en bacteriën, zodat compost overblijft.

groente-, fruit- en tuinafval (gft-afval)
Plantaardig afval dat goed gecomposteerd kan worden. Wordt afgekort tot gft-afval.

klein chemisch afval (kca)
Schadelijke en giftige stoffen die apart verwerkt moeten worden van het overige afval. Wordt afgekort tot kca.

kringloop
Proces waarbij materialen steeds opnieuw gebruikt worden in nieuwe producten, zodat er veel minder grondstoffen nodig zijn.

restafval
Afval dat niet hergebruikt of gecomposteerd kan worden. Het wordt daarom verbrand in een vuilverwerkingsinstallatie.

7.4 DICHTHEID

ONTHOUD

- Voor veel toepassingen is een kleine dichtheid erg belangrijk. Vliegtuigen worden bijvoorbeeld van aluminium gemaakt. Soms is een grote dichtheid juist van belang: schepen worden stabiel gehouden met zware blokken lood onder in het schip.
- Voor het bepalen van de dichtheid van een materiaal heb je de massa en het volume nodig van een voorwerp dat van dat materiaal is gemaakt. De dichtheid kun je daarna berekenen met de formule: $\rho = \frac{m}{V}$
- Bij sommige materialen heeft de dichtheid geen vaste waarde. Dit komt doordat die materialen ingewikkelder zijn samengesteld. Bijvoorbeeld uit een vaste stof en een gas, zoals bij piepschuim. Door de verhouding van de stoffen te veranderen waaruit het materiaal is samengesteld, kun je een andere dichtheid krijgen.
- Een voorwerp dat in een vloeistof wordt gedompeld, kan in de vloeistof zinken, zweven of drijven.
  Als de dichtheid van een voorwerp:
  - groter is dan de dichtheid van de vloeistof, dan zinkt het voorwerp;
  - gelijk is aan de dichtheid van de vloeistof, dan zweeft het voorwerp;
  - kleiner is dan de dichtheid van de vloeistof, dan drijft het voorwerp.

BEGRIP

dichtheid
Materiaaleigenschap die aangeeft hoe groot de massa per volume-eenheid is. Bijvoorbeeld in gram per kubieke centimeter.

Ga naar de *Flitskaarten*.

8 Atomen en straling

WERKEN MET STRALING
Radioactieve stoffen zenden straling uit. Deze straling wordt in ziekenhuizen gebruikt om ziektes op te sporen en te behandelen. Daarbij gelden strenge veiligheidsregels, want straling kan gezonde mensen ook ziek maken.





Wat weet je al over stoffen en straling?

LEERDOELEN

1 Je kunt beschrijven hoe licht en andere vormen van straling zich verspreiden.
2 Je kunt drie kenmerkende effecten (uitwerkingen) van uv-straling beschrijven.
3 Je kunt benoemen waar infrarode straling en ultraviolette straling zich in het spectrum bevinden.
4 Je kunt toelichten dat bij een chemische reactie zowel stoffen verdwijnen als stoffen ontstaan.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over stoffen en straling geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 In figuur 1 zie je een stralingsbron.
Geef met pijlen aan hoe de straling zich verspreidt.



figuur 1 Een stralingsbron.

2 Zie figuur 2. Welke soort straling is ioniserend?

○ A infrarode straling
○ B ultraviolette straling
○ C zichtbaar licht

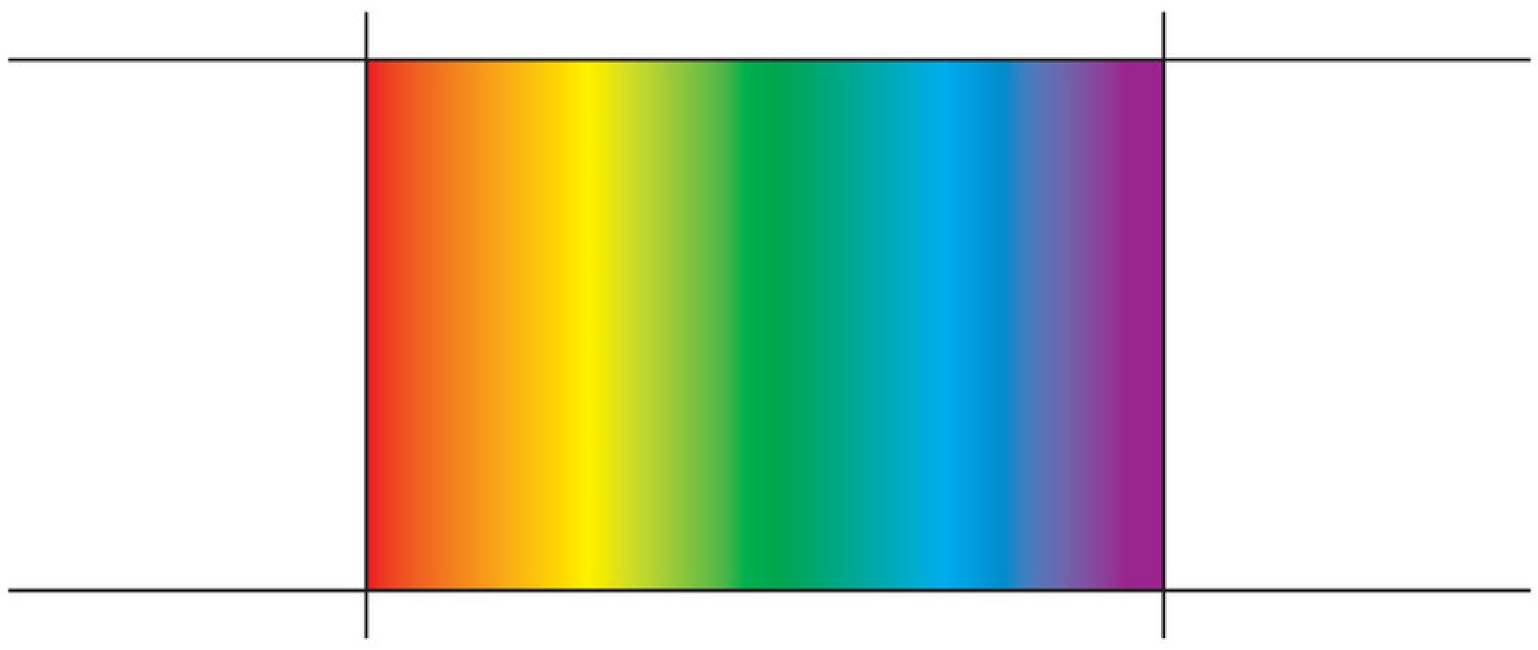


figuur 2 Roodverbrande huid.

3 Wat is een kenmerk van ioniserende straling?

- ○ A Deze straling is zichtbaar voor mensen.
- ○ B Deze straling kan moleculen kapotmaken.
- ○ C Deze straling transporteert warmte.

4 Je ogen zijn alleen gevoelig voor zichtbaar licht. Infrarode straling (ir) en ultraviolette straling (uv) kun je niet zien.
Geef in figuur 3 de juiste plaats van ir- en uv-straling aan.



figuur 3 Een spectrum.

5 Iedere reactievergelijking bestaat uit drie onderdelen.

- Je begint links met: *de pijl* / *de stoffen die ontstaan* / *de stoffen die verdwijnen*.
- Dan schrijf je: *de pijl* / *de stoffen die ontstaan* / *de stoffen die verdwijnen*.
- Ten slotte schrijf je rechts: *de pijl* / *de stoffen die ontstaan* / *de stoffen die verdwijnen*.

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Atomen als stralingsbron

LEERDOELEN

8.1.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met 'natuurlijk radioactief' en 'kunstmatig radioactief'.

8.1.2 Je kunt het verschil toelichten tussen de moleculen van een verbinding en de moleculen van een element.

8.1.3 Je kunt beschrijven hoe atomen zijn opgebouwd uit drie verschillende kleinere deeltjes.

8.1.4 Je kunt de overeenkomsten en de verschillen noemen tussen de isotopen van één element.

EXTRA 8.1.5 Je kunt beschrijven hoe de elementen in het periodiek systeem zijn geordend.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	8.1.1	8.1.2	8.1.3	8.1.4	8.1.5
Onthouden	1, 2ab	3, 5, 6a	4, 6bc, 7abcd	7ef, 10a	
Begrijpen		8ab, 11abcde		9ab, 10bc, 12abc	15, 16ab
Toepassen		8c		14	
Analyseren				13	

In kerncentrales gaat weleens iets mis. Meestal vallen de gevolgen mee. Dan wordt achteraf gezegd dat er bij het incident geen radioactieve isotopen zijn vrijgekomen. Maar wat zijn isotopen?

RADIOACTIEVE STOFFEN

In 1896 werd ontdekt dat sommige stoffen spontaan, dus zonder invloed van buitenaf, ioniserende straling uitzenden. Stoffen die deze straling uitzenden, zijn **radioactief**. Het woord 'radio' komt van 'radius', het Latijnse woord voor straal. 'Radioactief' betekent: zendt straling uit.

Radioactieve stoffen vind je in heel kleine hoeveelheden overal om je heen. Ze bevinden zich in de bodem, in het water, in de lucht, in de muren van gebouwen en zelfs in je eigen lichaam. Veel van deze stoffen zijn van natuurlijke oorsprong. Je noemt zulke stoffen **natuurlijk radioactief**. Uraniumerts is een natuurlijk voorkomend radioactief gesteente (figuur 1).



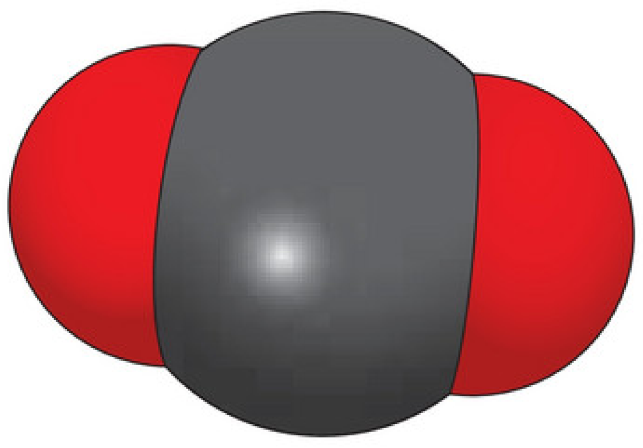
figuur 1 In deze mijn wordt uraniumerts gewonnen.

Na de ontdekking van radioactiviteit in 1896 hebben mensen geleerd om zelf nieuwe radioactieve stoffen te maken. Zulke stoffen noem je **kunstmatig radioactief**. Sommige van die stoffen zijn belangrijk in de geneeskunde. Ze worden gebruikt om zieke mensen te onderzoeken en te behandelen. Er zijn ook technische en militaire toepassingen.

ATOMEN

Scheikundigen zien behalve de straling niets afwijkends aan radioactieve stoffen. De moleculen van een radioactieve stof zitten net zo in elkaar als die van gewone stoffen. Ze reageren ook op dezelfde manier met andere stoffen. Om radioactiviteit te verklaren, moet je naar de bouwstenen kijken waaruit de moleculen zijn opgebouwd. Deze bouwstenen noem je **atomen**.

In figuur 2 is als voorbeeld een molecuul koolstofdioxide getekend. Zoals de meeste moleculen is het opgebouwd uit verschillende atomen. Bij koolstofdioxide bestaat elk molecuul uit één koolstofatoom (C) en twee zuurstofatomen (O). Daarom wordt koolstofdioxide ook wel CO_2 genoemd. Een stof als CO_2, waarvan de moleculen uit verschillende soorten atomen bestaan, noem je een **verbinding**.



figuur 2 Een molecuul CO_2 bestaat uit één C-atoom (zwart in dit model) en twee O-atomen.

Ontleden betekent in stukjes ‘knippen’ en de verschillende onderdelen bekijken. Als je koolstofdioxide ontleedt, ontstaan er twee nieuwe stoffen: koolstof en zuurstof. Deze stoffen bestaan allebei uit één soort atomen: koolstof uit koolstofatomen en zuurstof uit zuurstofatomen. Koolstof en zuurstof noem je elementen. Een **element** is een stof die je niet verder kunt ontleden, omdat hij helemaal uit één soort atomen bestaat.

Er zijn ongeveer 120 verschillende atoomsoorten en dus ook ongeveer 120 verschillende elementen (tabel 1). Met die atoomsoorten als bouwstenen kunnen vele miljoenen verschillende verbindingen worden gemaakt.

tabel 1 Gegevens van enkele elementen.

naam element	afkorting	atoomnummer	fase bij 20 °C	komt in zuivere vorm voor als
waterstof	H	1	gas	kleurloos gas
koolstof	C	6	vast	diamant, grafiet
stikstof	N	7	gas	kleurloos en reukloos gas
zuurstof	O	8	gas	kleurloos en reukloos gas
aluminium	Al	13	vast	lichtgrijs metaal
chloor	Cl	17	gas	groengeel gas
jood	I	53	vast	paarse kristallen
goud	Au	79	vast	geel metaal
kwik	Hg	80	vloeibaar	zilvergrijs metaal
uranium	U	92	vast	grijs metaal

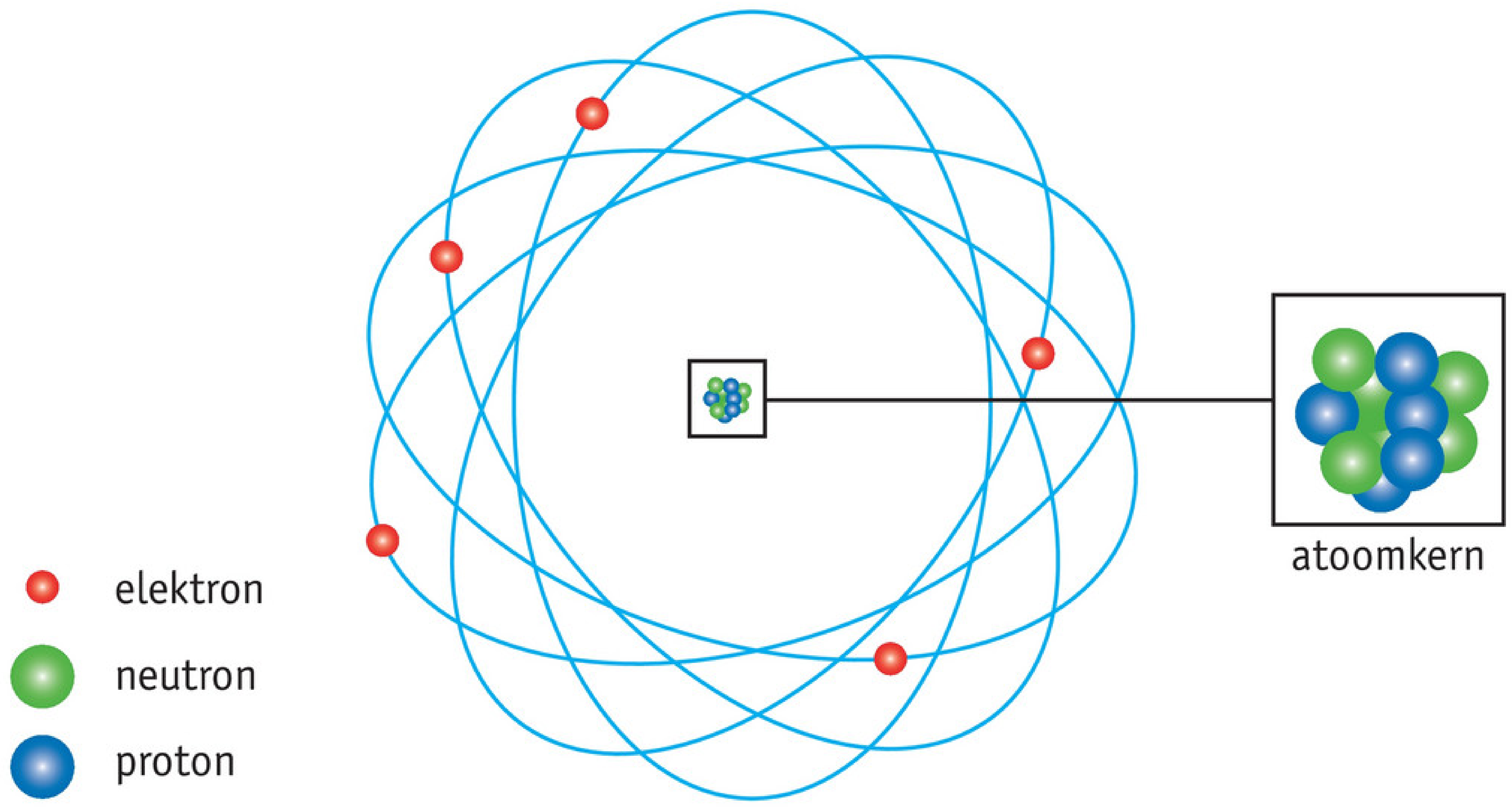
BOUW VAN EEN ATOOM

Eerst werd gedacht dat atomen de kleinste deeltjes zijn die er bestaan. Later werd duidelijk dat een atoom op zijn beurt uit nog kleinere deeltjes bestaat: protonen, neutronen en elektronen.

In figuur 3 is als voorbeeld een atoom van het element boor getekend. Zoals elk atoom bestaat het uit een kern met daaromheen een aantal **elektronen**. Elektronen hebben een negatieve elektrische lading. Ze spelen een belangrijke rol bij allerlei elektrische verschijnselen.

De kern is veel kleiner dan het atoom zelf. Hij is opgebouwd uit twee soorten deeltjes: **protonen** en **neutronen**. Een proton heeft een positieve elektrische lading die even groot is als de negatieve lading van een elektron. Neutronen zijn, zoals hun naam al aangeeft, neutraal: ze hebben geen elektrische lading.

Een atoom heeft evenveel protonen als elektronen. Daardoor is een atoom als geheel elektrisch neutraal: je kunt de positieve lading van de protonen ‘wegstrepen’ tegen de negatieve lading van de elektronen.



figuur 3 Een sterk vereenvoudigd model van een booratoom (niet op schaal).

ISOTOPEN

De atomen van één element hebben allemaal hetzelfde aantal protonen in hun kern. Elk koolstofatoom bijvoorbeeld heeft zes protonen in de kern en dus ook zes elektronen in het gebied daaromheen. Daarom heeft koolstof het **atoomnummer** 6 gekregen: het is het zesde element. Elk element heeft zijn eigen atoomnummer, dat gelijk is aan het aantal protonen in de kern.

De atoomkernen van één element kunnen wel een verschillend aantal neutronen hebben. Je zegt dan dat het element verschillende **isotopen** heeft. Om isotopen van elkaar te onderscheiden, kijk je naar het totale aantal kerndeeltjes: het aantal protonen plus het aantal neutronen. Zo heeft koolstof de isotopen koolstof-12 ($C\text{-}12$ met 12 kerndeeltjes), koolstof-13 ($C\text{-}13$ met 13 kerndeeltjes) en koolstof-14 ($C\text{-}14$ met 14 kerndeeltjes).
De getallen 12, 13 en 14, waarmee je de isotopen van elkaar onderscheidt, noem je massagetallen. Het **massagetal** geeft aan hoe groot het aantal kerndeeltjes is, maar is ook een maat voor de totale atoommassa.

massagetal = aantal protonen + aantal neutronen

De drie isotopen van koolstof zien er precies hetzelfde uit. Ze hebben scheikundig gezien dezelfde eigenschappen. Als je ze bijvoorbeeld verbrandt, ontstaat er altijd koolstofdioxide, welke isotoop je ook neemt (figuur 4). De dichtheid van de isotopen is wel verschillend. Dat komt doordat het aantal kerndeeltjes in de atoomkernen verschillend is. C-14 heeft de grootste dichtheid, C-12 de kleinste.



figuur 4 Bij de verbranding van koolstof (hier houtskool) ontstaat koolstofdioxide.

Er is nog een ander belangrijk verschil. De atomen van C-14 kunnen ioniserende straling produceren, de atomen van C-12 en C-13 kunnen dat niet. Je zegt dat C-14 een radioactieve isotoop van koolstof is en dat C-12 en C-13 niet-radioactieve isotopen zijn. Het enige verschil tussen C-14 en de andere isotopen is de samenstelling van de atoomkern. Daar komt de ioniserende straling vandaan.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA HET PERIODIEK SYSTEEM

Het periodiek systeem is een schema met rijen (perioden) en kolommen (groepen). In iets meer dan honderd vakjes zijn alle elementen op een overzichtelijke manier geordend. In figuur 5 zie je een gedeelte van het schema, met elementen tot en met atoomnummer 86.

In de rijen staan de elementen op volgorde van het atoomnummer. In de derde rij vind je bijvoorbeeld van links naar rechts: natrium (Na, op nummer 11), magnesium (Mg, op nummer 12), aluminium (Al, op nummer 13), silicium (Si, op nummer 14), enzovoort.

Elementen met vergelijkbare eigenschappen zijn in het schema onder elkaar gezet. Zo krijg je achttien groepen elementen met vergelijkbare eigenschappen. In groep 18 helemaal rechts vind je bijvoorbeeld de edelgassen: helium (He), neon (Ne), argon (Ar), enzovoort. Kenmerkend voor deze gassen is dat ze niet met andere stoffen reageren. Ze worden onder andere gebruikt in lampen.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

figuur 5 Een deel van het periodiek systeem van de elementen.

LEERSTOF

1 Sommige stoffen zenden spontaan ioniserende straling uit.
Hoe noem je zulke stoffen?
- ○ A elementen
- ○ B isotopen
- ○ C radioactieve stoffen
- ○ D verbindingen

2 Stoffen die ioniserende straling uitzenden zijn radioactief.

a Radioactieve stoffen die door mensen zijn gemaakt, noem je .... radioactief.

b Radioactieve stoffen die niet door mensen zijn gemaakt, maar 'gewoon' in de natuur voorkomen, noem je .... radioactief.

3 Moleculen zijn opgebouwd uit atomen.
Waaruit bestaat een koolstofdioxidemolecuul?
- ○ A één koolstofatoom en één zuurstofatoom
- ○ B één koolstofatoom en twee zuurstofatomen
- ○ C twee koolstofatomen en één zuurstofatoom
- ○ D twee koolstofatomen en twee zuurstofatomen

4 Wat is een neutron?
- ○ A een atoomkern
- ○ B een negatief geladen kerndeeltje
- ○ C een ongeladen kerndeeltje
- ○ D een positief geladen kerndeeltje

5 Sommige stoffen noem je elementen.
Wat is een element?
- ○ A een stof die bestaat uit ongeveer 120 verschillende atoomsoorten
- ○ B een stof die je niet verder kunt ontleden
- ○ C een stof die nog moet worden ontleed
- ○ D een stof die is opgebouwd uit verschillende atoomsoorten

6 Vul in.

a De bouwstenen waaruit moleculen zijn opgebouwd, noem je ....

b Een atoom bestaat uit een kern met daaromheen een aantal ....

c De kern is opgebouwd uit twee soorten deeltjes: .... en ....

7 Een atoom bestaat uit kleinere deeltjes.

a	Een proton is een positief geladen deeltje.	*waar / onwaar*
b	Een neutron heeft een negatieve elektrische lading.	*waar / onwaar*
c	Een elektron en een neutron zijn ongeveer even zwaar.	*waar / onwaar*
d	De lading van een elektron is tegengesteld aan die van een proton.	*waar / onwaar*
e	De atomen van één element hebben allemaal evenveel protonen in hun kern.	*waar / onwaar*
f	Isotopen van hetzelfde element hebben een verschillend aantal neutronen in hun kern.	*waar / onwaar*

TOEPASSING

8 Je kunt water ontleden met behulp van elektriciteit. Daarbij ontstaan twee gassen: waterstof en zuurstof. In figuur 6 is getekend hoe deze ontledingsreactie verloopt.

a Waaraan zie je of water een verbinding of een element is?

....

....

....

b Waaraan zie je dat waterstof en zuurstof allebei elementen zijn?

....

....

....

c Leg uit waarom bij de ontleding van water twee keer zoveel waterstofmoleculen als zuurstofmoleculen ontstaan.

....

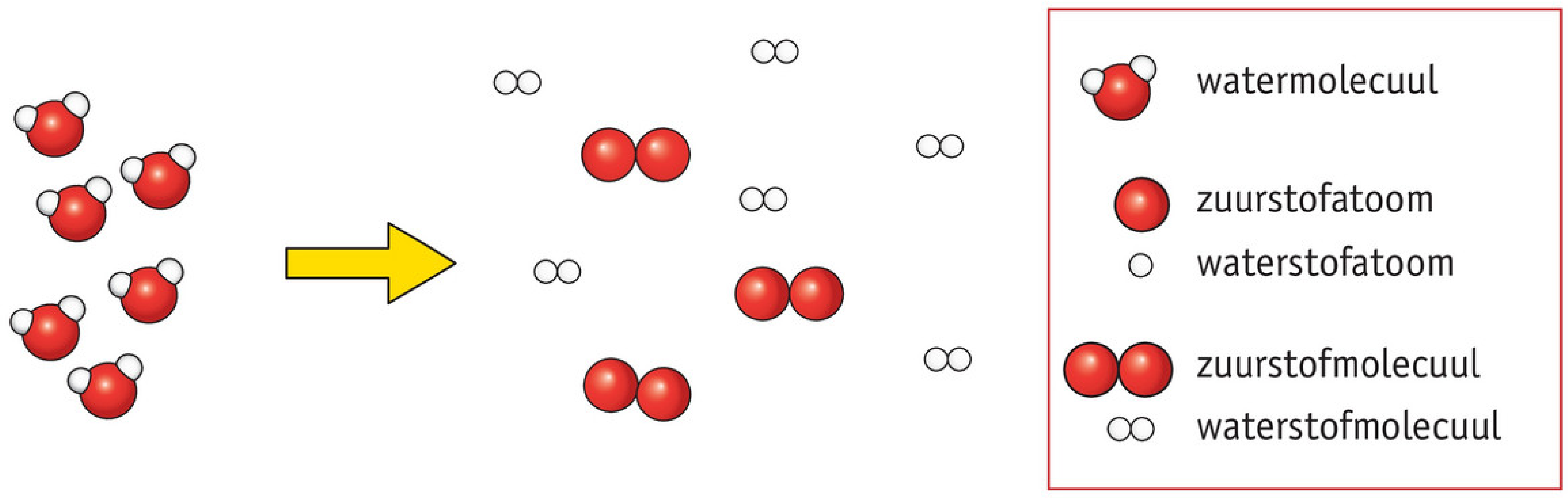
....

....

....

....

....



figuur 6 Als je water ontleedt, krijg je waterstof en zuurstof.

9 Koolstof is een element dat in een aantal natuurlijke isotopen voorkomt. Twee daarvan zijn C-12 en C-14.

a De kern van een atoom C-14 heeft evenveel *neutronen* / *protonen* als de kern van een atoom C-12.

b De kern van een atoom C-14 heeft meer *neutronen* / *protonen* dan de kern van een atoom C-12.

10 In tabel 1 zie je dat het element koolstof atoomnummer 6 heeft.

a Wat zegt het atoomnummer over een element?

....

....

....

b Hoeveel protonen en neutronen zitten er in de kern van een atoom C-14?

.... protonen

.... neutronen

c Hoeveel protonen en neutronen zitten er in de kern van een atoom C-12?

.... protonen

.... neutronen

11 Gebruik *BINAS* tabel 32 *Enkele isotopen*.

a Hoeveel protonen heeft een stikstofatoom? ....

b Hoeveel neutronen heeft een koperatoom? .... of ....

c Wat is het symbool van het element kwik? ....

d Welk element heeft het kleinste massagetal? ....

e Welk atoom is vier keer zo zwaar als een atoom N-14? ....

12 Een atoom heeft 6 protonen en 7 neutronen.

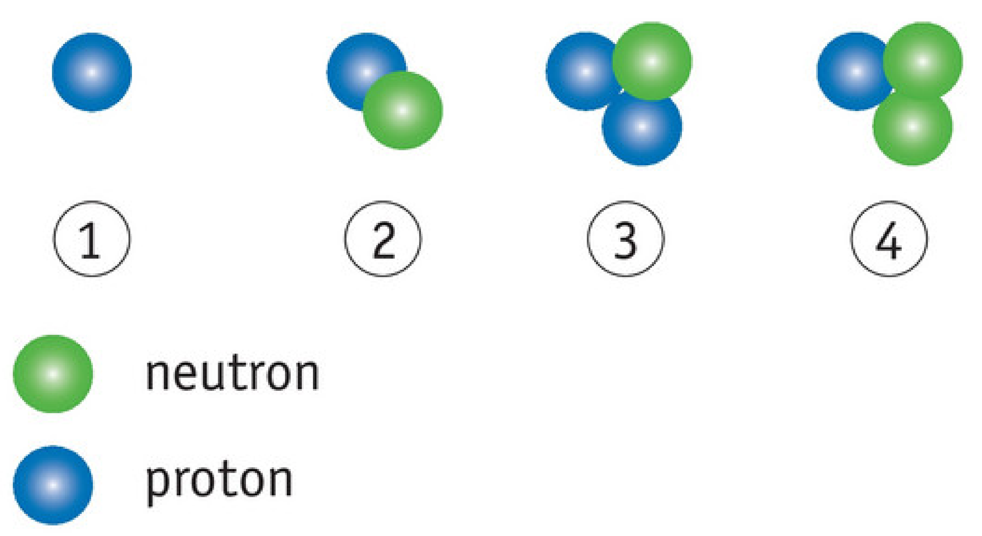
a Dit is een isotoop van het element ....

b Hoe groot is het massagetal van deze isotoop? ....

c Welke isotoop van een ander element heeft een even groot massagetal? ....

★ 13 In figuur 7 zijn vier atoomkernen schematisch weergegeven.
Welke kernen zijn isotopen van hetzelfde element?

○ A 1, 2, 3 en 4
○ B alleen 1 en 2
○ C alleen 2 en 3
○ D alleen 3 en 4
○ E alleen 1, 2 en 4
○ F geen van de kernen



figuur 7 Vier atoomkernen.

★ 14 Vul tabel 2 verder in.

tabel 2 Kengetallen van enkele atomen.

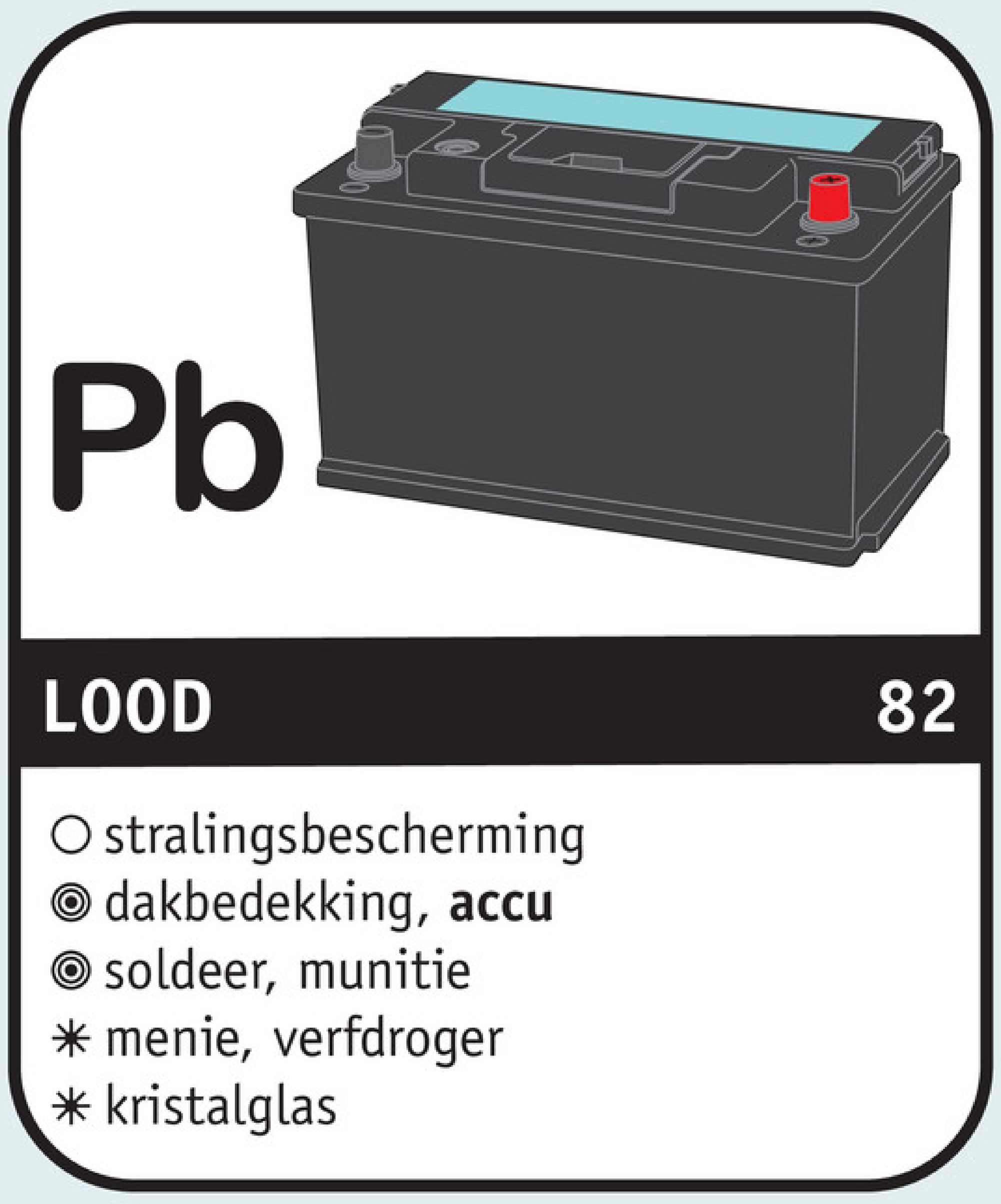
Stof	massagetal	atoomnummer	aantal protonen	aantal neutronen	aantal elektronen
H-2				1	
H-3		1			
Cl-35			17		
N-15					7
O-			8	9	

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA HET PERIODIEK SYSTEEM

15 Figuur 8 is een detail van een kaart van het periodiek systeem. Wat is de betekenis van het cijfer 82 naast de naam 'lood'?

- ○ A Dit is het massagetal: het aantal deeltjes in de kern.
- ○ B Dit is het massagetal: het aantal deeltjes in het atoom.
- ○ C Dit is het atoomnummer: het aantal protonen in de kern.
- ○ D Dit is het atoomnummer: het aantal neutronen in de kern.



figuur 8 Lood staat op plaats 82 in het periodiek systeem.

16 Het lichtste element in groep 11 van het periodiek systeem is koper.

a Noem nog twee andere elementen die je in deze groep tegenkomt.

....

....

b Noteer drie eigenschappen die deze elementen gemeenschappelijk hebben.

....

....

....

....

2 Radioactief verval

LEERDOELEN

8.2.1 Je kunt toelichten wat er met de atoomkern gebeurt als een atoom radioactief vervalt.
8.2.2 Je kunt het verschil uitleggen tussen ioniserende straling en straling die niet ioniserend is.
8.2.3 Je kunt beschrijven hoe je de activiteit van een radioactieve bron kunt meten.
8.2.4 Je kunt het verschil beschrijven tussen stabiele en instabiele kernen.
8.2.5 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met de halfwaardetijd van een radioactieve isotoop.
8.2.6 Je kunt berekenen hoe de activiteit van radioactief materiaal in de loop van de tijd afneemt.
EXTRA 8.2.7 Je kunt uitleggen wat radon is en waarom dit element risico voor je gezondheid kan opleveren.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	8.2.1	8.2.2	8.2.3	8.2.4	8.2.5	8.2.6	8.2.7	8.1.4*
Onthouden	1ab	1c	2ab, 5b	5a, 6b	4, 5c, 12a	3	14abc	6a
Begrijpen			7a, 12c			11	15ab	9ab
Toepassen			7b		8abcdefg	10ab, 12d, 13		
Analyseren		12b						

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Over radioactief afval wordt gezegd dat het eeuwenlang opgeborgen moet blijven, omdat het zo gevaarlijk is. Maar is het dan na al die tijd opeens niet gevaarlijk meer?

STABIELE EN INSTABIELE KERNEN

Veel elementen hebben zowel radioactieve als niet-radioactieve isotopen. Zoals je in paragraaf 1 hebt gezien, geldt dat ook voor het element koolstof. C-12 en C-13, de meest voorkomende isotopen van koolstof, zijn niet radioactief. De isotoop C-14, die veel minder voorkomt, is dat wel.

Een radioactieve isotoop heeft een atoomkern die **instabiel** is. Het aantal protonen en neutronen in de kern is dan niet goed in evenwicht. Hierdoor kunnen deze atoomkernen spontaan, zonder invloed van buitenaf, uit elkaar vallen. Dit noem je **radioactief verval**. Als gevolg daarvan zendt zo'n atoomkern heel kort, in een flits, ioniserende straling uit.

Bij radioactief verval ontstaat een nieuwe atoomkern met nieuwe eigenschappen. De atoomkernen van koolstof-14 (C-14) veranderen bijvoorbeeld in atoomkernen stikstof-14 (N-14). Stikstof-14 is een isotoop van stikstof die zelf niet radioactief is. Dit noem je een kernreactie. Net als bij een chemische reactie verdwijnt er een stof (in dit geval C-14) en ontstaat er een stof (in dit geval N-14).

IONISEREN

Doordat er steeds atoomkernen vervallen, zenden radioactieve stoffen de hele tijd ioniserende straling uit. De **stralingsenergie** in deze straling is zo geconcentreerd dat ze de verbinding tussen atomen in een molecuul kan verbreken. Dit heet **ioniseren**. De moleculen vallen daardoor in brokstukken uit elkaar.

Deze sterk ioniserende straling is gevaarlijk. Ze kan moleculen kapotmaken die belangrijk zijn voor de processen in je lichaam. Hierdoor kunnen cellen zo worden ontregeld dat ze niet meer kunnen functioneren. Ook kan de straling kanker en erfelijke afwijkingen veroorzaken, doordat het DNA in de cellen wordt beschadigd. Daarom moet je met deze straling altijd erg voorzichtig zijn (figuur 1).



figuur 1 Waarschuwingen in een opslagplaats voor radioactief materiaal.

Veel andere soorten straling zijn niet ioniserend en daardoor normaal gesproken onschadelijk. Denk bijvoorbeeld aan microgolven, licht en ir-straling. Deze soorten straling zijn niet in staat om moleculen kapot te maken. Uv-straling kan dat wel, al is het ioniserend effect maar zwak. Toch kan zelfs uv-straling je gezondheid schaden, zoals je in hoofdstuk 5 hebt geleerd.

ACTIVITEIT

In een radioactief voorwerp zijn er voortdurend atoomkernen die vervallen. Het aantal kernen dat in één seconde vervalt, noem je de **activiteit**. Je meet de activiteit in becquerel (Bq). Bij een activiteit van 100 Bq vervallen er elke seconde honderd kernen. In de praktijk zal de activiteit veel hoger liggen. Je gebruikt dan grotere eenheden zoals megabecquerel (MBq) en gigabecquerel (GBq).

Je kunt de ioniserende straling van atoomkernen die vervallen niet zien, horen of voelen. Je kunt deze straling wel meten met behulp van instrumenten. Zo kun je vaststellen hoe hoog de activiteit van het voorwerp is en of er risico voor de gezondheid bestaat. Regelmatig meten is noodzakelijk om veilig met radioactieve stoffen te kunnen werken.

Een veelgebruikt instrument om de ioniserende straling te meten die een radioactieve stof uitzendt, is de **geigerteller** (figuur 2). Als je dit apparaat bij een radioactief voorwerp houdt, begint het te klikken. Hoe sneller de klikken elkaar opvolgen, des te meer straling het apparaat opvangt. Op een display kun je aflezen hoe sterk de straling is. Hoe groter de hoeveelheid straling die een radioactief voorwerp uitzendt, des te groter is de activiteit.



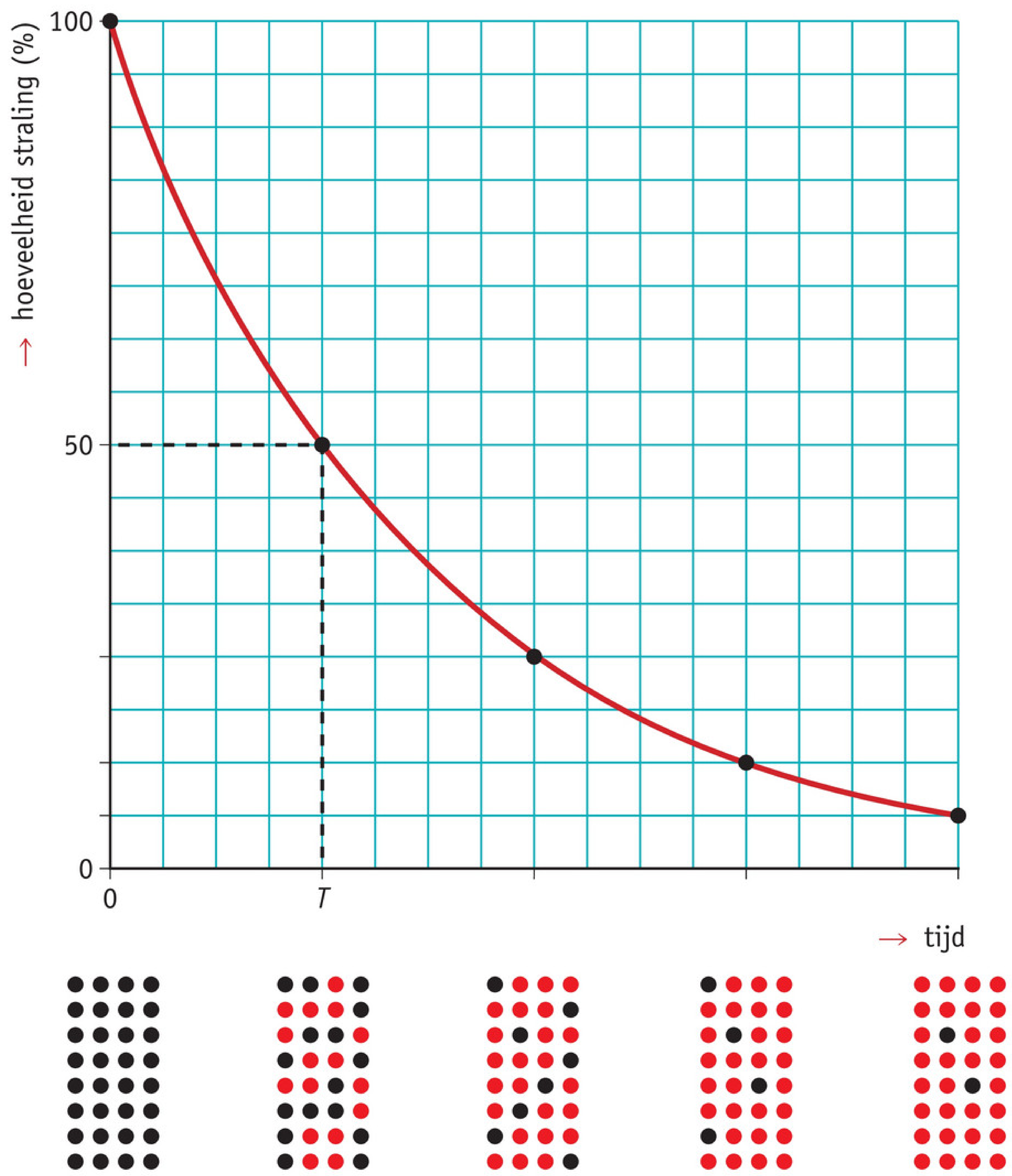
figuur 2 Een geigerteller.

HALVERINGSTIJD

De activiteit van een hoeveelheid radioactief materiaal wordt steeds kleiner. Dat komt doordat er steeds minder instabiele kernen overblijven. In figuur 3 zie je hoe het aantal instabiele atoomkernen afneemt. De tijd *T* is de **halveringstijd** of **halfwaardetijd**. Na die halveringstijd:

- is de helft van de oorspronkelijke, instabiele atoomkernen verdwenen, en
- is de hoeveelheid straling ook met de helft verminderd.

Na twee halfwaardetijden is 25% van de oorspronkelijke hoeveelheid radioactieve atoomkernen over (de helft van 50%). Na drie halfwaardetijden is dat 12,5% (de helft van 25%). Enzovoort.



figuur 3 Bij radioactief verval blijft er steeds minder van de oorspronkelijke stof over.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Jood-131 (I-131) is een radioactieve isotoop van jood. Artsen gebruiken I-131 om afwijkingen aan de schildklier mee te behandelen (figuur 4). De halveringstijd is 8 dagen.
Een ziekenhuis ontvangt op een bepaald moment een hoeveelheid I-131 met een activiteit van 64 MBq. Dat betekent dat er elke seconde 64 miljoen I-131 atoomkernen vervallen.
Bereken hoe groot de activiteit van het I-131 na 40 dagen is.

Na 8 dagen is de activiteit: 32 MBq
Na 16 dagen is de activiteit: 16 MBq
Na 24 dagen is de activiteit: 8 MBq
Na 32 dagen is de activiteit: 4 MBq
Na 40 dagen is de activiteit: 2 MBq



figuur 4 De schildklier bevindt zich in de hals. Dit orgaan neemt jood op uit het bloed.

Elke radioactieve isotoop heeft een eigen, kenmerkende halveringstijd. In tabel 1 kun je de halveringstijd van enkele belangrijke isotopen opzoeken.

tabel 1 Gegevens van zeven radioactieve isotopen.

stof	symbool	komt onder andere voor in	toepassing	halveringstijd
uranium-235	U-235	gesteente	brandstofstaven in kerncentrales	704 miljoen jaar
plutonium-239	Pu-239	afval van kerncentrales	atoombommen	24 400 jaar
radium-226	Ra-226	gesteente	bestraling van kankergezwellen	1620 jaar
koolstof-14	C-14	atmosfeer	ouderdomsbepalingen	5730 jaar
cesium-137	Cs-137	afval van kerncentrales	bestraling van kankergezwellen	30 jaar
jood-131	I-131	afval van kerncentrales	behandelen van schildklierafwijkingen	8 dagen
technetium-99m	Tc-99m	deze stof komt nergens voor; het is een kunstmatig radioactief materiaal met een uiterst korte halfwaardetijd	medisch onderzoek (in tracers)	6 uur

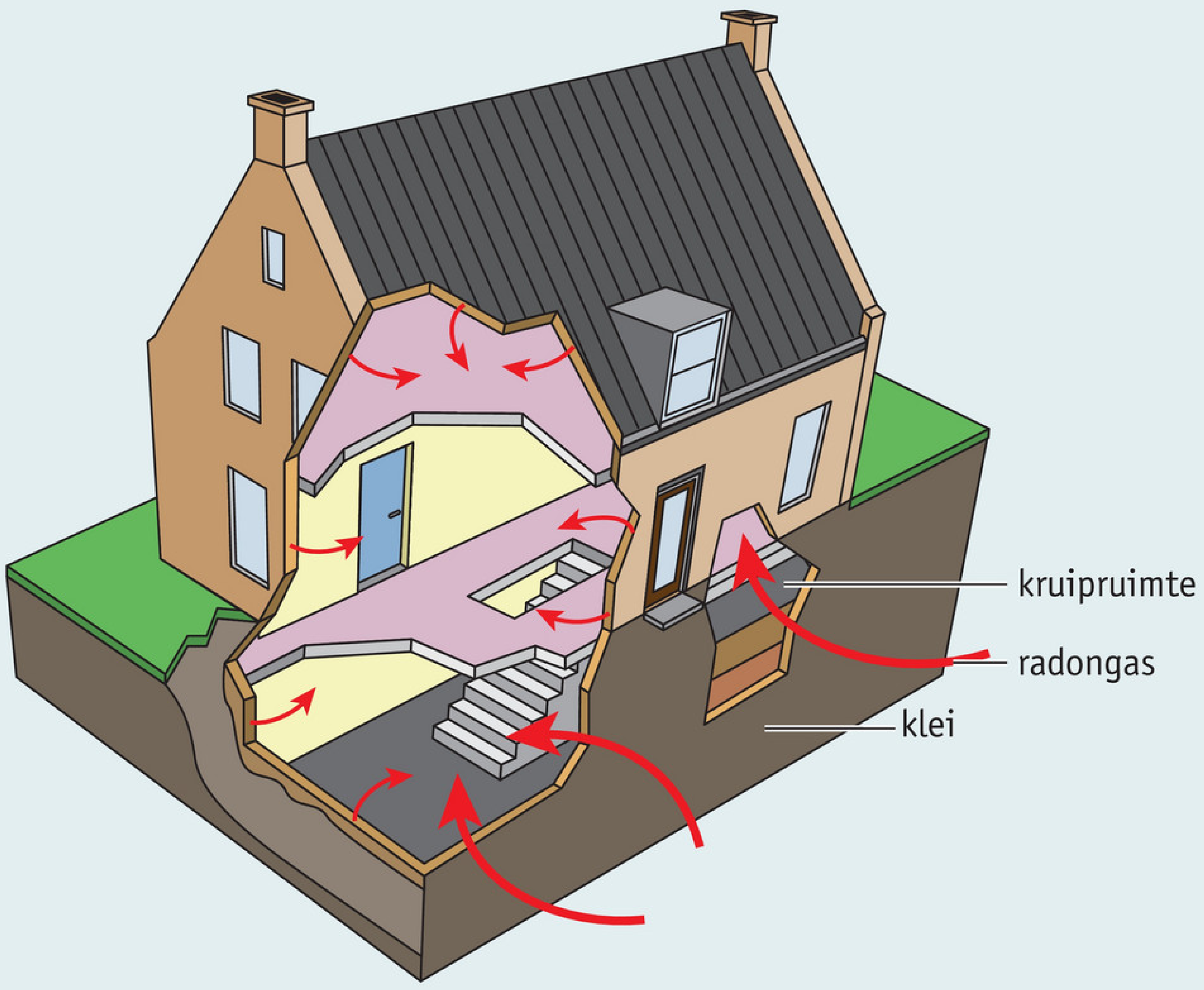
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA RADON: NATUURLIJK RADIOACTIEF

Radioactieve stoffen zijn overal, tot in je eigen lichaam toe. Het gaat daarbij om heel kleine hoeveelheden. Van elke stof is onderzocht hoeveel straling hij afgeeft en welke gezondheidsrisico's dat met zich meebrengt. Als je niet zelf met radioactieve stoffen werkt, zijn die risico's niet groot.

Van de natuurlijk radioactieve stoffen is radon-222 het meest schadelijk. Radon is een radioactief gas dat voorkomt in de lucht. Het komt uit de bodem en uit bouwmaterialen zoals baksteen en gips. Uit de ene grondsoort komt meer radon vrij dan uit een andere. Uit klei bijvoorbeeld komt wel twee keer zo veel radon vrij als uit zand. Als het gas in je longen terechtkomt, kan de straling het tere longweefsel beschadigen.

In huis is de concentratie radon veel hoger dan buiten. Dat komt doordat radon uit de bodem zich ophoopt in de kruipruimtes onder het huis. Bovendien wordt er radon afgegeven door de gebruikte bouwmaterialen (figuur 5). Hoge radonconcentraties in huis vergroten het risico op longkanker. Je kunt je daartegen beschermen door te zorgen voor een goede ventilatie.



figuur 5 In een slecht geventileerd huis kan de concentratie radongas flink oplopen.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Een radioactieve isotoop heeft een atoomkern die .... is.

b Als een atoomkern radioactief vervalt, dan ontstaat een .... atoomkern.

c Als een atoomkern vervalt en er een nieuwe atoomkern ontstaat, zendt de atoomkern .... straling uit.

2

Ioniserende straling die afkomstig is van radioactieve stoffen kun je met apparatuur waarnemen.

a Een instrument dat je daarvoor gebruikt is een ....

b Als de hoeveelheid straling groter wordt, gaat de geigerteller steeds *sneller* / *luider* klikken.

3

Jood-131 heeft een halfwaardetijd van 8 dagen.
Hoeveel radioactiviteit is er na 16 dagen nog?

- ○ A de helft
- ○ B een kwart
- ○ C een achtste
- ○ D niets meer

4

Bij ouderdomsbepalingen maak je gebruik van een natuurlijke radioactieve stof.
Welke stof is dat?

- ○ A koolstof-14
- ○ B plutonium-239
- ○ C technetium-99
- ○ D uranium-235

5

De atoomkernen van een radioactieve stof zijn instabiel.

a Leg uit wat daarmee wordt bedoeld.

....

....

....

b In welke eenheid wordt de activiteit van een radioactieve bron gemeten?

....

c Wat wordt bedoeld met 'de halveringstijd van een radioactieve stof'?

....

....

....

6

Koolstof heeft zowel stabiele isotopen als radioactieve isotopen.

a Noteer drie isotopen van koolstof.

....

b Welke van deze isotopen is radioactief? ....

TOEPASSING

7 Kurian houdt een geigerteller op 50 cm afstand van een stuk uraniumerts. De geigerteller begint dan meteen te klikken.

a Welke conclusie kan Kurian daaruit trekken?

....

....

....

b Kurian houdt de geigerteller daarna op 25 cm afstand van het stuk erts.
Wat gebeurt er dan?

○ A De geigerteller gaat langzamer klikken doordat hij minder straling opvangt.
○ B De geigerteller gaat langzamer klikken doordat het stuk erts minder straling uitzendt.
○ C De geigerteller gaat sneller klikken doordat hij meer straling opvangt.
○ D De geigerteller gaat sneller klikken doordat het stuk erts meer straling uitzendt.

8 Gebruik *BINAS* tabel 32 *Enkele isotopen*.
Bekijk de volgende zeven radioactieve isotopen:
ijzer-59 – jood-131 – koper-64 – natrium-22 – plutonium-239 – stikstof-13 – zilver-110
Welke isotoop heeft een halfwaardetijd:

a die korter is dan een minuut? ....

b tussen een minuut en een uur? ....

c tussen een uur en een dag? ....

d tussen een week en een maand? ....

e tussen een maand en een jaar? ....

f tussen één jaar en tien jaar? ....

g langer dan duizend jaar? ....

9 Radioactieve koolstof (C-14) vervalt tot stikstof (N-14).

a Een atoomkern C-14 bestaat uit .... protonen en .... neutronen.

Een atoomkern N-14 bestaat uit .... protonen en .... neutronen.

b Als C-14 vervalt tot N-14, verandert er iets in de kern van het C-14-atoom.
Wat verandert er in de kern van het C-14-atoom?

....

....

....

10 De hoeveelheid straling die een radioactieve bron uitzendt, neemt steeds verder af. Na elke halveringstijd is de hoeveelheid straling opnieuw gehalveerd.

a Bereken de ontbrekende gegevens in tabel 2 en vul ze in.

b Na hoeveel halveringstijden is er minder dan 1% over van de oorspronkelijke hoeveelheid straling? na .... halveringstijden

tabel 2 Zo neemt de straling af.

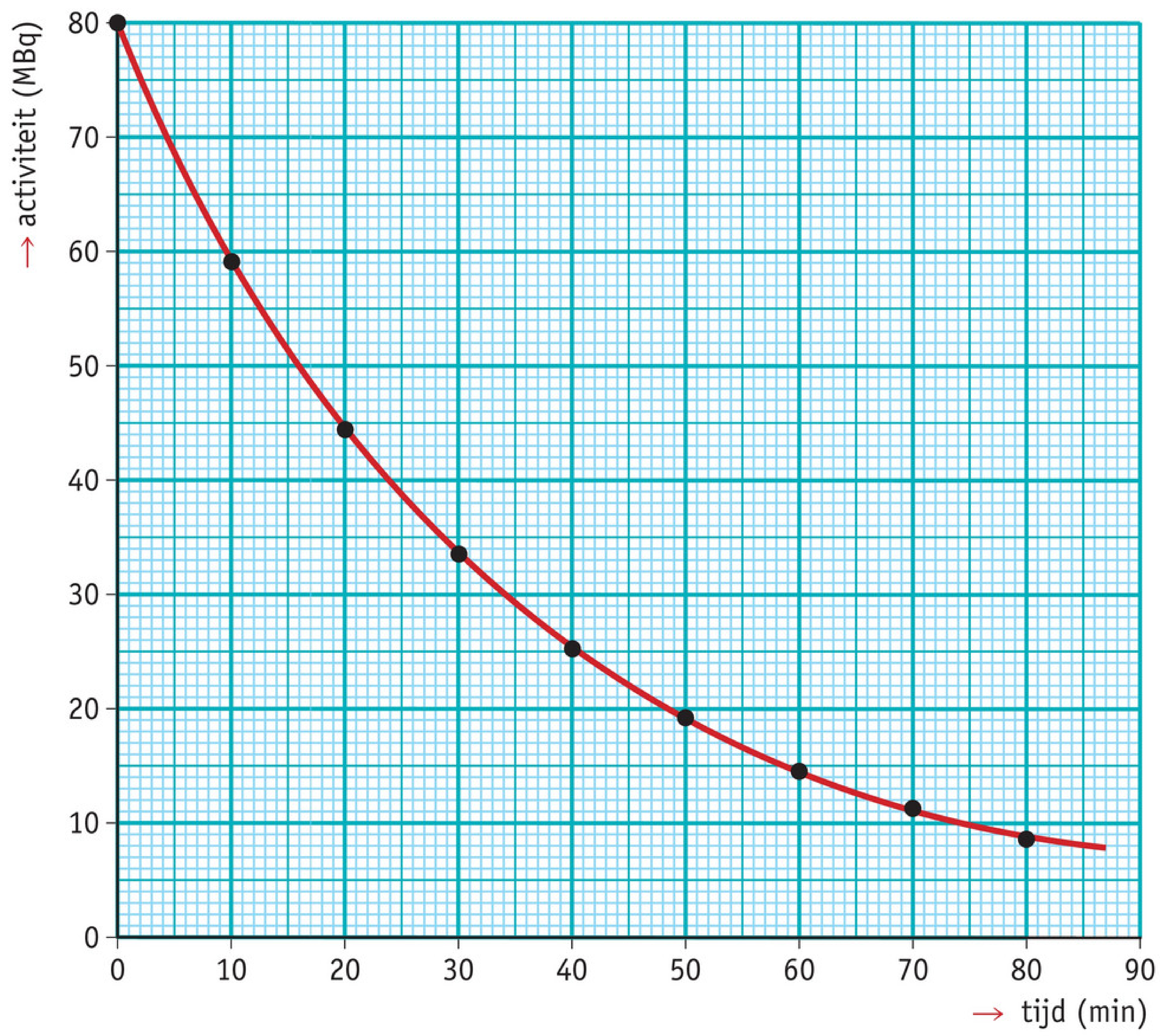
aantal halveringstijden	hoeveelheid overgebleven straling
0	100%
1	50%
2	25%
3	
4	
5	
6	
7	

11 In een laboratorium wordt een proef gedaan met een radioactieve bron. Om de tien minuten wordt gemeten hoeveel straling de bron uitzendt. In figuur 6 zijn de meetresultaten van deze proef verwerkt tot een grafiek.
Bepaal uit de grafiek de halveringstijd van de radioactieve stof.

....

....

....



figuur 6 De radioactiviteit van deze bron neemt snel af.

12 Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
Ziekenhuizen geven patiënten voor een onderzoek vaak een brochure met informatie. In figuur 7 is een stukje uit zo'n brochure afgedrukt.

a De halveringstijd van de radioactieve stof die bij het onderzoek wordt gebruik,

bedraagt .... uur.

b Waarom wordt de moedermelk de eerste 24 uur na het onderzoek afgekolfd en vernietigd?

....

....

....

....

....

c Bij dit onderzoek wordt 1200 MBq aan radioactief materiaal toegediend.
Leg uit wat er wordt bedoeld met 'een activiteit van 1200 MBq'.

....

....

....

....

....

d De activiteit van de toegediende stof neemt steeds verder af.
Hoe groot is de activiteit 24 uur na het toedienen van de stof?

....

....

....

....

....

....

....

....

figuur 7 Een brochure van een ziekenhuis.

BORSTVOEDING

Na het onderzoek zult u tijdelijk moeten stoppen met het geven van borstvoeding. De moedermelk wordt in die periode afgekolfd en zal daarna worden vernietigd. Als de radioactiviteit van de melk voldoende is gedaald, mag u weer borstvoeding geven. Gelukkig heeft de gebruikte stof een korte halveringstijd: na 6 uur al is de radioactiviteit met de helft afgenomen.

24 uur na het begin van het onderzoek kunt u uw kind weer borstvoeding gaan geven.



★ 13 Voor het bestralen van voedsel wordt kobalt-60 gebruikt, met een halveringstijd van 5,3 jaar. De radioactieve bron moet worden vervangen als de straling met meer dan 95% is afgenomen.
Na ongeveer hoeveel jaar moet je de bron vervangen?

....

....

....

....

....

....

....

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA RADON: NATUURLIJK RADIOACTIEF

14 Radon is een radioactief gas dat in de lucht voorkomt.

a Van de natuurlijke radioactieve stoffen is radon-222 het meest ....

b Radon-222 komt uit de .... en uit ....,

zoals baksteen en gips.

c Waardoor komt het dat de concentratie radon-222 in huis veel hoger is dan buiten?

....

....

....

....

15 Je wilt de hoeveelheid radon-222 in je huis zo klein mogelijk houden.
Leg uit wat dan beter is.

a Een houten huis of een huis van baksteen?

....

....

b Een tochtig huis of een huis met nauwelijks ventilatie?

....

....

3 Straling gebruiken

LEERDOELEN

8.3.1 Je kunt van drie soorten ioniserende straling beschrijven hoe groot het doordringend vermogen is.

8.3.2 Je kunt beschrijven op welke manier gammastraling wordt toegepast bij medisch onderzoek.

8.3.3 Je kunt beschrijven hoe kankergezwellen worden bestraald: van buitenaf én van binnenuit.

EXTRA 8.3.4 Je kunt uitleggen hoe een röntgenfoto wordt gemaakt en wat je op zo'n foto kunt zien.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	8.3.1	8.3.2	8.3.3	8.3.4	8.2.2*
Onthouden	1, 2, 3	4ab, 8a	5, 10a		9c
Begrijpen	9b	4c, 7abcd, 8bd	6abcde	11abcd	
Toepassen		8c	9d, 10a	12ab	
Analyseren			10b		

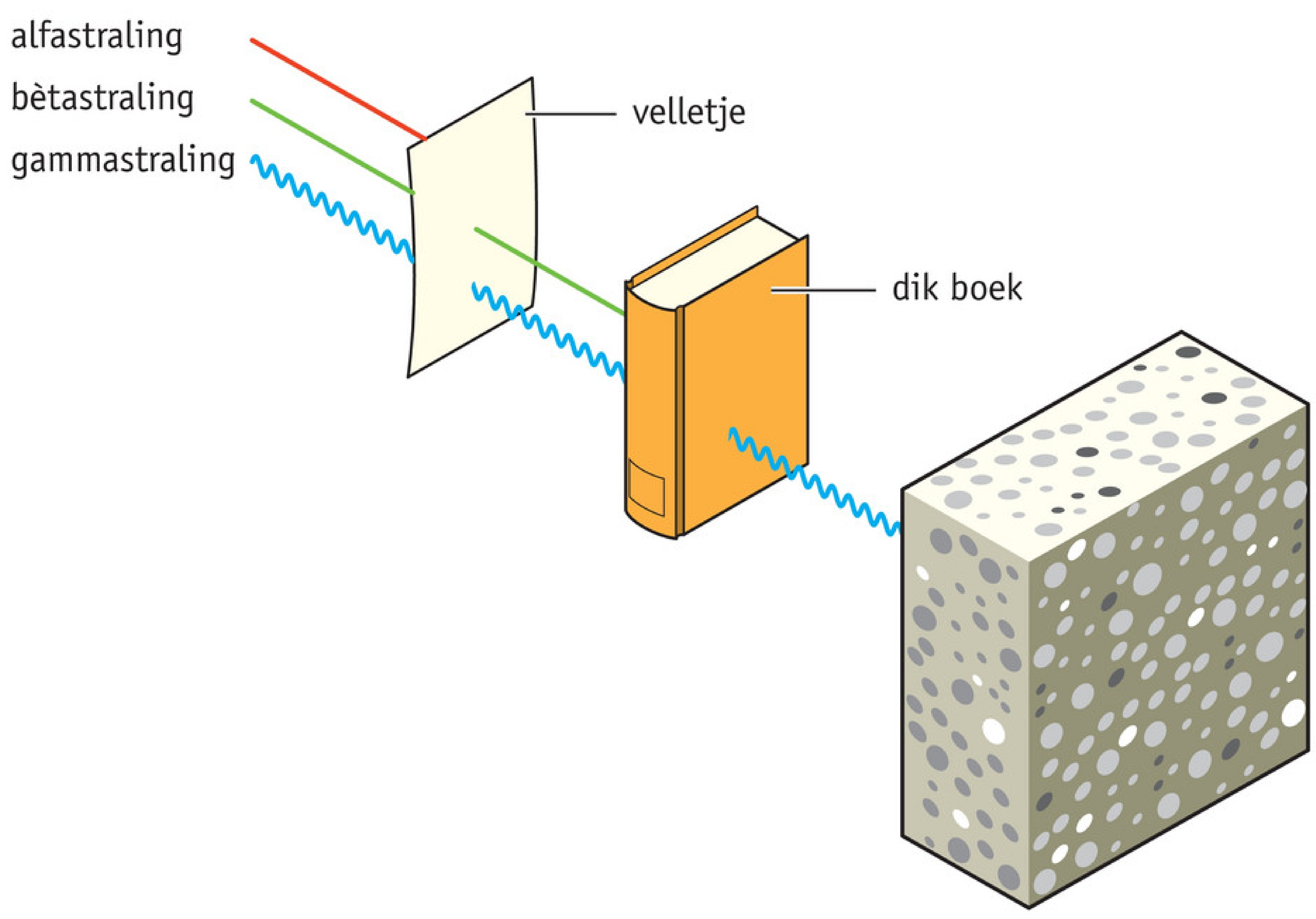
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

In het ziekenhuis worden patiënten soms 'bestraald' met ioniserende straling. Zijn ze dan na afloop ook gevaarlijk voor andere mensen? Of word je zelf niet radioactief van zo'n bestraling?

DRIE SOORTEN IONISERENDE STRALING

Door radioactieve stoffen worden verschillende soorten ioniserende straling uitgezonden: **alfastraling**, **bètastraling** en **gammastraling**. Tegelijk met alfa- of bètastraling wordt meestal ook gammastraling uitgezonden. Er zijn ook stoffen die alleen gammastraling uitzenden.

De ene soort straling heeft een veel groter **doordringend vermogen** dan de andere (figuur 1).



figuur 1 Het doordringend vermogen van de drie soorten straling is heel verschillend.

- Alfastraling (α-straling) kan niet ver in stoffen doordringen. Eén vel papier is genoeg om deze vorm van straling tegen te houden.
- Bètastraling (β-straling) heeft een groter doordringend vermogen dan alfastraling. Eén vel papier laat de meeste bètastraling gewoon door, maar een compleet boek zal de straling bijna helemaal absorberen.
- Gammastraling (γ-straling) kan veel verder in stoffen doordringen dan bètastraling. Om mensen tegen deze straling te beschermen, wordt lood en beton gebruikt. Soms moet de laag lood centimeters dik zijn om de straling voldoende te verzwakken. Van beton heb je een muur van een meter dik nodig om hetzelfde resultaat te bereiken.

In tabel 1 zie je hoe groot de dracht van alfa- en bètastraling is. De **dracht** geeft aan hoe ver de straling in een stof kan doordringen. Gammastraling kun je nooit helemaal tegenhouden. Daarom kun je voor deze soort straling ook geen dracht noemen.

tabel 1 De dracht van alfa- en bètastraling.

stof	dracht alfastraling*	dracht bètastraling*
lucht	circa 3 cm	circa 300 cm
water	circa 0,004 cm	circa 0,4 cm
aluminium	circa 0,001 5 cm	circa 0,1 cm
lood	circa 0,000 7 cm	circa 0,01 cm

* *De dracht hangt af van de energie van de stralingsdeeltjes. Hier is een gemiddelde energie genomen.*

ONDERZOEK MET GAMMASTRALING

Bij medisch onderzoek wordt vaak gebruikgemaakt van gammastraling. Met een gammacamera kan medisch personeel afbeeldingen maken van organen in je lichaam. Je longen, lever en darmen zijn voorbeelden van zulke organen. Zo'n onderzoek verloopt als volgt (figuur 2):

1. In een laboratorium wordt een **tracer** (radioactieve merkstof) gemaakt. Dit is een stof die vooral door een specifiek orgaan wordt opgenomen. De stof wordt kunstmatig radioactief gemaakt door er atomen 'in te bouwen' van een isotoop die gammastraling uitzendt.
2. De tracer wordt daarna in het lichaam van de patiënt gebracht. Meestal gebeurt dat door een injectie. De tracer verspreidt zich door het lichaam en komt zo ook terecht bij het orgaan dat moet worden onderzocht. Dit orgaan neemt in verhouding een grote hoeveelheid van de tracer op.
3. De gammastraling die de tracer uitzendt, kan voor een deel uit het lichaam ontsnappen. De straling die uit het lichaam komt, wordt geregistreerd door een gammacamera. De computer van de camera gebruikt de meetgegevens om een afbeelding van het orgaan te maken.

In figuur 3 zie je een foto die met een gammacamera is gemaakt. De tracer die is gebruikt hecht zich aan ontstekingen in het lichaam. De tracer is in een bloedvat geïnjecteerd en zo in de handen terechtgekomen. De foto laat zien dat de gewrichten in de pols en de handen ontstoken zijn, vooral aan de linkerkant.

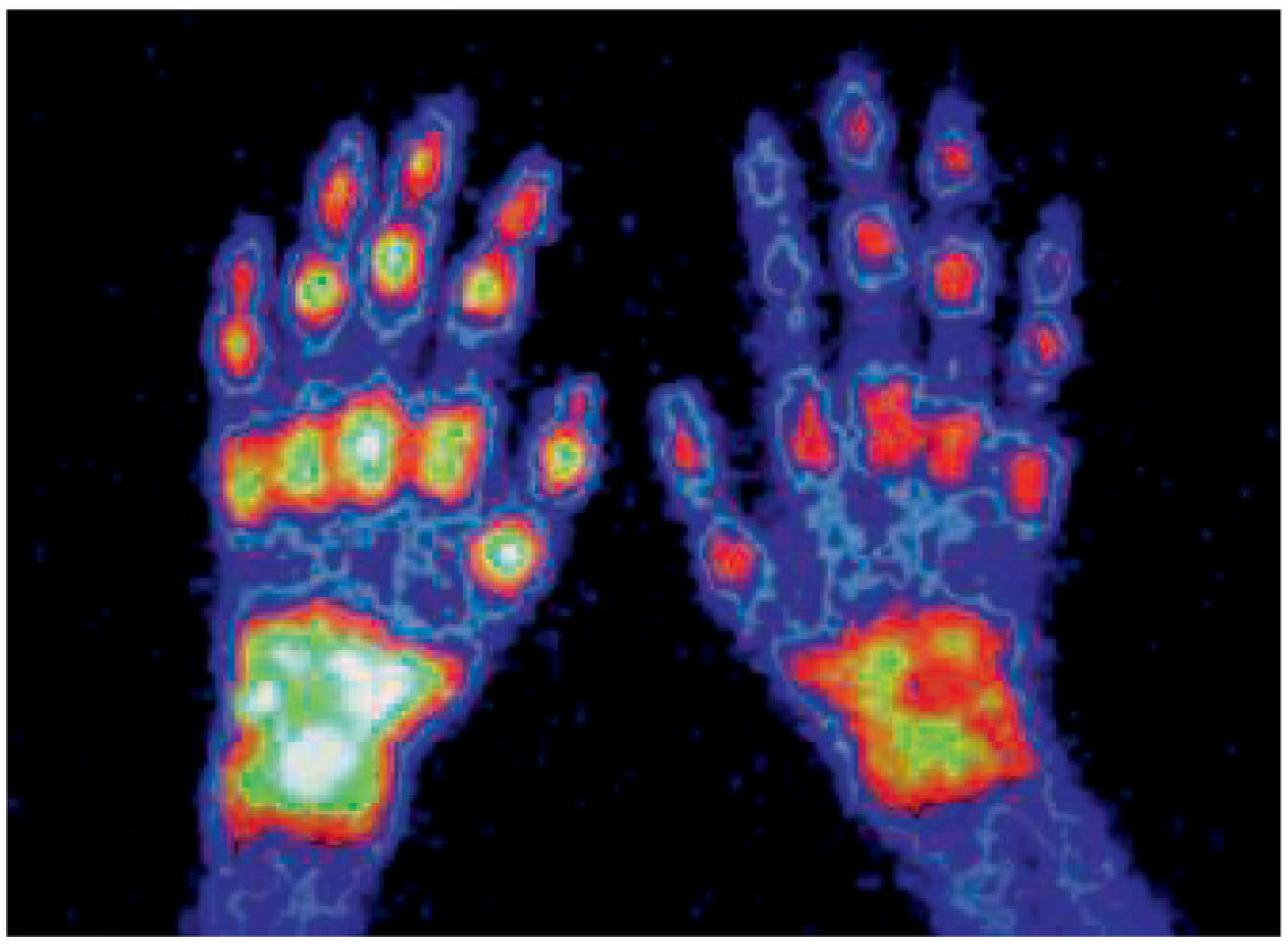
figuur 2 Onderzoek met gammastraling.



1 In het laboratorium wordt een tracer gemaakt.

2 De tracer wordt in het lichaam van de patiënt geïnjecteerd.

3 De gammacamera registreert de vrijkomende straling.



figuur 3 Een gammafoto van de handen van een patiënt met gewrichtsontstekingen.

BESTRALING VAN BUITENAF

Ioniserende straling wordt gebruikt om kanker te bestrijden. De straling kan kankercellen zó beschadigen dat ze doodgaan. Als de kankercellen zich nog niet door het hele lichaam hebben verspreid, is er vaak een goede kans op genezing. De straling remt in elk geval de groei van kankergezwellen af. Daardoor gaat de patiënt minder snel achteruit en worden de klachten minder.

Bij de meeste behandelingen komt de straling van buitenaf. Een radioactieve bron beweegt rond het lichaam en bestraalt het gezwel van verschillende kanten (figuur 4). Op die manier wordt het gezonde weefsel dat rond het kankergezwel ligt zoveel mogelijk gespaard. Omdat de straling van buiten het lichaam komt, is de patiënt na de behandeling niet radioactief.

Voor bestraling van buitenaf wordt altijd gammastraling gebruikt. Gammastraling kan ver in het lichaam doordringen en richt veel schade aan in de kankercellen. Lichaamsdelen die niet mogen worden bestraald, worden afgeschermd met loden platen of een loodschort.



figuur 4 Een patiënt wordt klaargemaakt om te bestralen.

BESTRALING VAN BINNENUIT

Er zijn ook behandelingen waarbij het lichaam van binnenuit wordt bestraald. Artsen brengen dan een radioactieve stof in het lichaam. Dat kan door de patiënt een capsule te laten innemen met een radioactieve vloeistof. Er worden ook wel radioactieve ‘zaadjes’ gebruikt, met de grootte van een rijstkorrel. Een arts brengt de radioactieve zaadjes met een holle naald in het lichaam.

Bij bestraling van binnenuit wordt de patiënt zelf tijdelijk radioactief. Er is een radioactieve stof in het lichaam gebracht. Die blijft ook na de behandeling nog enkele weken tot maanden aanwezig. Om de patiënt en zijn omgeving niet onnodig risico te laten lopen, worden isotopen met een relatief korte halveringstijd gebruikt. Bijvoorbeeld iridium-192 (74 dagen) en palladium-103 (17 dagen).

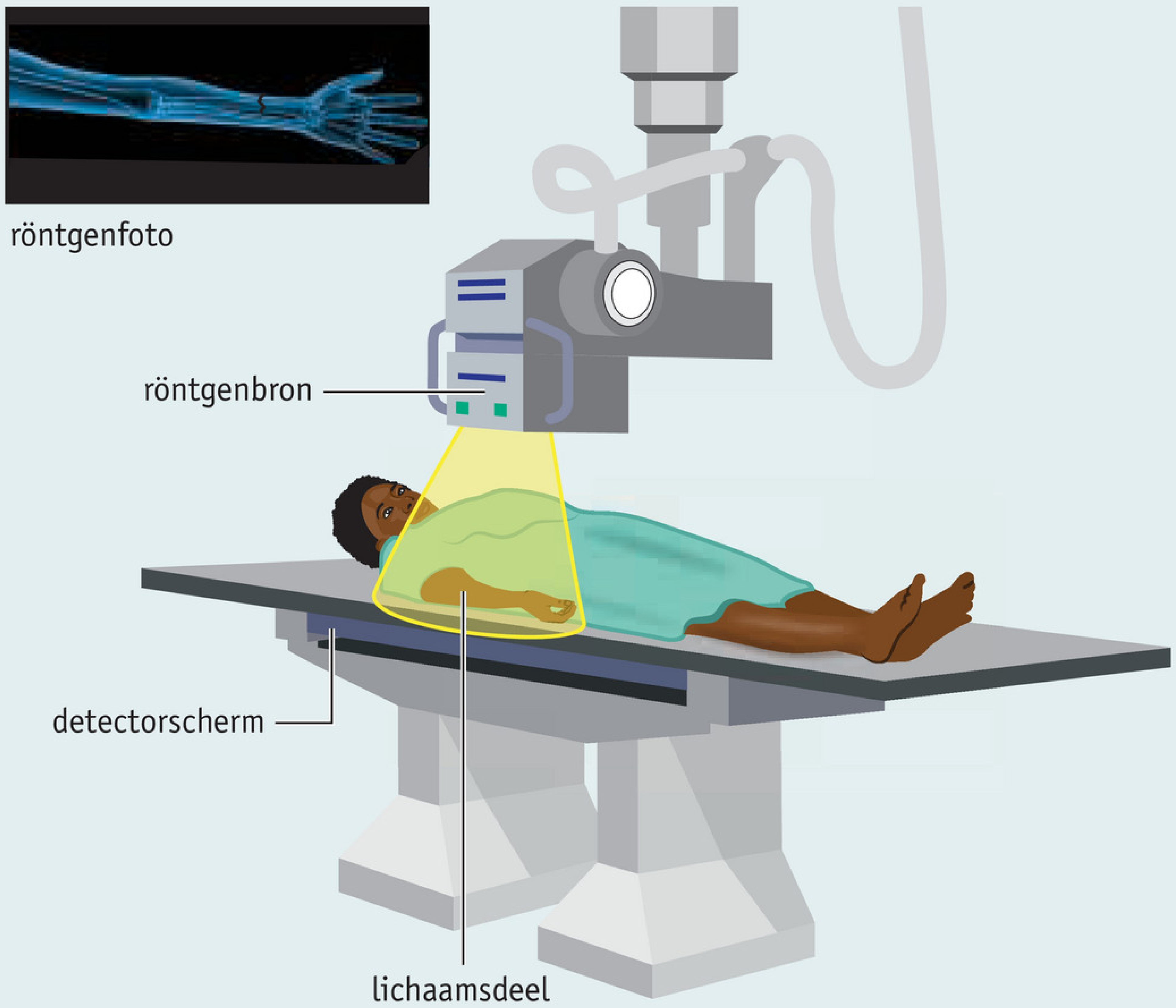
Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA RÖNTGENSTRALING

Bij medisch onderzoek wordt veel gebruikgemaakt van röntgenstraling. Dit is een sterk ioniserende straling die veel op gammastraling lijkt. Röntgenstraling is niet afkomstig van radioactieve stoffen, maar wordt gemaakt in een röntgenapparaat. Dat is een groot voordeel, omdat zo’n apparaat alleen maar straling levert als je daarvan gebruik wilt maken. Na afloop kun je het apparaat weer uitzetten.

Röntgenstraling wordt gebruikt voor het maken van röntgenfoto’s (figuur 5). Bij het nemen van zo’n foto zendt het röntgenapparaat een korte flits straling uit. De botten absorberen de straling bijna helemaal. Spieren en vetweefsel laten de straling juist bijna ongehinderd door. Achter de botten ontstaat daardoor een schaduwbeeld dat je op een foto kunt vastleggen.

Röntgenfoto's worden bijna altijd weergegeven als een negatief, waarin licht en donker zijn omgekeerd. De schaduwen van de botten zijn daardoor wit in plaats van zwart (figuur 6). Vroeger kon dat moeilijk anders door de gebruikte techniek, maar nu is dat niet meer nodig. Moderne röntgenapparatuur levert digitale beelden die je ook positief kunt weergegeven. Artsen geven de voorkeur aan negatieven, omdat details daarop beter zichtbaar zijn.



figuur 5 Zo wordt een röntgenfoto gemaakt.



figuur 6 Op een röntgenfoto is een schaduw van de botten te zien.

LEERSTOF

1 De ene soort straling heeft een veel groter doordringend vermogen dan de andere.
In welke regel staat de straling in de goede volgorde van weinig doordringend naar sterk doordringend?

- ○ A alfa – bèta – gamma
- ○ B alfa – gamma – bèta
- ○ C bèta – alfa – gamma
- ○ D bèta – gamma – alfa
- ○ E gamma – alfa – bèta
- ○ F gamma – bèta – alfa

2 Welke soort ioniserende straling wordt al door een velletje papier volledig geabsorbeerd?

○ A alfastraling
○ B bètastraling
○ C gammastraling

3 Welke soort straling passeert een velletje papier bijna ongehinderd, maar wordt door een dik boek wel geabsorbeerd?

○ A alfastraling
○ B bètastraling
○ C gammastraling

4 Bij medisch onderzoek worden radioactieve merkstoffen gebruikt om afbeeldingen van het lichaam te maken.

a Zo'n radioactieve merkstof noem je ook wel een ....

b De straling die zo'n merkstof uitzendt is ....

c Waarom zijn andere soorten straling niet geschikt voor dit soort onderzoek?

....

....

....

....

....

5 Waar wordt in het ziekenhuis bestraling vooral bij gebruikt?

○ A bestrijding van kankergezwellen
○ B bestrijding van virusinfecties
○ C tegengaan van maagklachten
○ D verhelpen van spierpijn

TOEPASSING

6 Na een behandeling in het ziekenhuis kan de urine van een patiënt radioactief zijn. De urine moet dan opgevangen worden. Daarna wordt de urine behandeld als radioactief afval.

a Leg uit of deze veiligheidsmaatregel nodig kan zijn bij patiënten die uitwendig zijn bestraald.

....

....

....

....

b Leg uit of deze veiligheidsmaatregel nodig kan zijn bij patiënten die inwendig zijn bestraald.

....

....

....

....

Werken als mbb'er — beroep



Karin (33) werkt als mbb'er (medisch beeldvormings- en bestralingsdeskundige) in een groot ziekenhuis. Ze bereidt patiënten voor op onderzoek, maakt röntgenfoto's en scans en legt de resultaten vast.
Karin heeft een lange weg afgelegd. Na het vmbo heeft ze eerst de opleiding Verzorgende-IG mbo niveau-3 gedaan. Ze vond meteen werk bij een ziekenhuis als verzorgende. Naast haar werk is ze doorgegaan met studeren. Na drie jaar haalde ze het diploma Verpleegkundige MBO. En of dat nog niet genoeg was, heeft ze een opleiding Medische Beeldvorming en Radiotherapeutische Technieken gedaan op het hbo. Als ze patiënten naar de afdeling Radiologie bracht, was ze altijd onder de indruk van de apparaten. Nu mag ze zelf de knoppen bedienen.

7 Lees de tekst 'Werken als mbb'er'.
Als mbb'er heb je elke dag te maken met ioniserende straling. Natuurlijk moet je dan precies weten wat de risico's zijn van straling en radioactiviteit.
Leg uit of in de volgende gevallen het lichaam van de patiënt radioactief wordt.

a Er wordt een röntgenfoto genomen van een gebroken been.

....

....

....

b Een infectie wordt opgespoord met een radioactieve tracer.

....

....

....

c Een tumor in de borstholte wordt van buitenaf bestraald.

....

....

....

d Een tumor in de schildklier wordt van binnenuit bestraald.

....

....

....

★ 8 Een kankergezwel kan zich uitzaaien. Dat betekent dat kankercellen losraken van het oorspronkelijke gezwel en zich nestelen op andere plaatsen in het lichaam. Na verloop van tijd ontstaan daar nieuwe gezwellen (uitzaaiingen). Artsen laten vaak onderzoeken of een kankergezwel zich heeft uitgezaaid. Daarbij wordt een tracer gebruikt die vooral door kankercellen wordt opgenomen.

a Leg uit waarom je de tracer in een bloedvat moet injecteren.

....

....

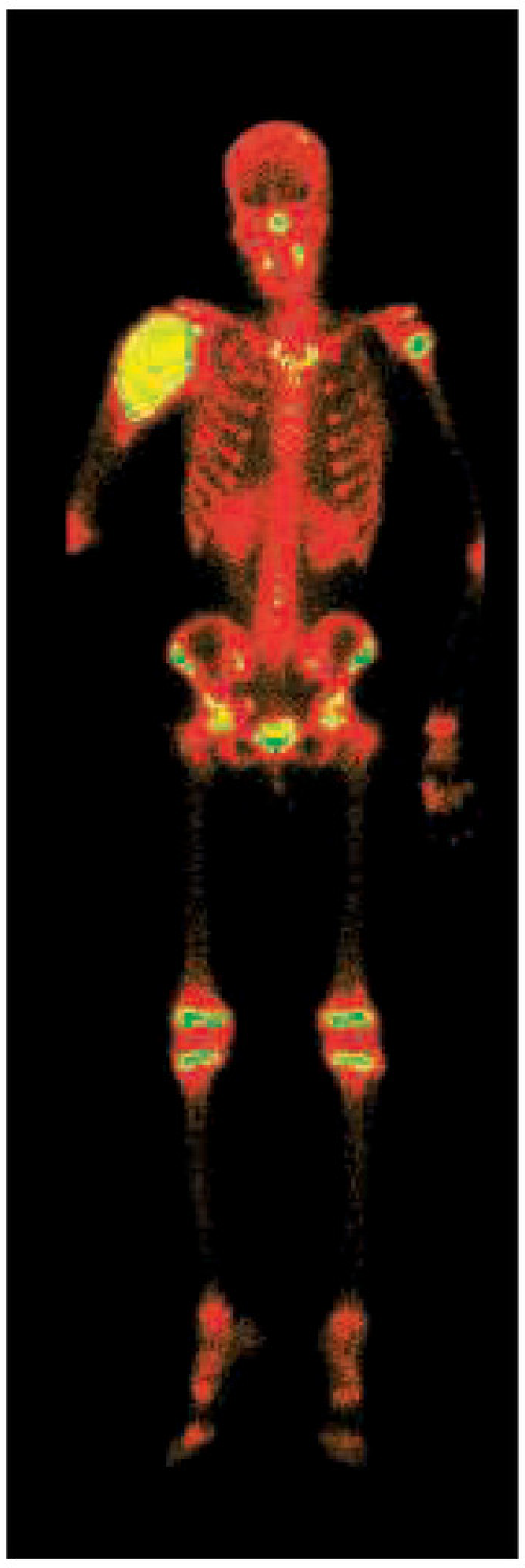
....

b Op de gammafoto in figuur 7 zijn de uitzaaiingen te zien als gele vlekken. Hebben die uitzaaiingen veel straling uitgezonden of juist weinig? Licht je antwoord toe.

....

....

....



figuur 7 Een gammafoto van een ernstig zieke kankerpatiënt.

c Kruis in figuur 7 de plek aan waar het grootste kankergezwel zich bevindt.

d Waaraan zie je dat dit het grootste gezwel is?

....

....

....

9 In figuur 8 is een artikel uit een medische encyclopedie afgedrukt.

a Voor het bestralen van voedsel wordt .... gebruikt.

b Waarom is dit soort straling daar wel geschikt voor, en alfastraling niet?

....

....

....

c Volgens de tekst worden door de straling ....-moleculen kapotgemaakt.

d Leg uit of het voedsel ook (licht) radioactief wordt doordat het wordt bestraald.

....

....

....

figuur 8 Voedsel kan langer houdbaar worden gemaakt door het te bestralen.

Bestraling van voedsel



Voedselbestraling is een techniek in het verwerken van voedsel die de opslagperiode van het voedsel beduidend verlengt. Door voedsel met een bepaalde hoeveelheid gammastralen te beschieten, worden bacteriën, schimmels, insecten en vele andere parasieten gedood. Voedselbestraling vertraagt ook het rijpingsproces en het spruiten van groenten.

In sommige landen wordt bestraling maar voor enkele soorten voedsel aangeraden, zoals gevogelte en garnalen, om het risico van voedselvergiftiging te voorkomen. In andere landen is het bestralen en de import van bestraalde producten verboden.

Hoe werkt het?
Gammastralen splitsen het DNA (genetisch materiaal) van micro-organismen in het voedsel, waardoor ze onmiddellijk worden gedood. Het is niet mogelijk aan te tonen dat voedsel is bestraald. Het is wel volledig steriel en er kunnen geen schimmels meer op groeien.

★ 10

Bij de behandeling van schildklierproblemen wordt gebruikgemaakt van jood-131 met een halfwaardetijd van acht dagen. De patiënt moet een capsule met jood-131 inslikken. In de darmen wordt het jood-131 afgegeven aan het bloed. Daaruit wordt het grotendeels opgenomen door de schildklier.
Er bestaan ook isotopen van jood met een korte halveringstijd van 5 tot 15 minuten.

a Waarom worden er bij medisch onderzoek isotopen gebruikt met korte halveringstijden?

....

....

....

....

....

b Toch worden isotopen met een halveringstijd van 5 tot 15 minuten niet gebruikt bij de behandeling van schildklierproblemen. Leg uit waarom niet.

....

....

....

....

....

....

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA RÖNTGENSTRALING

11

In figuur 9 zie je een röntgenfoto van de hals en de onderkaak van een man.

a De *beenderen* / *kleren* / *spieren* van de man absorberen de meeste röntgenstraling.

b Wat heeft de man in zijn keel zitten? een ....

c Waarvan zal dit voorwerp zijn gemaakt?

....

d Absorbeert dit materiaal veel of juist weinig straling? Waaraan zie je dat?

....

....



figuur 9 Een röntgenfoto.

★ 12

In een medische encyclopedie staat een kort artikel over de röntgencontrastfoto (figuur 10). Lees het artikel en beantwoord de vragen.

a Leg uit hoe het komt dat je op een gewone röntgenfoto de darmen niet kunt zien.

....

....

....

....

b Leg uit hoe het komt dat je de darmen wel kunt zien nadat de patiënt bariumsulfaat heeft ingeslikt.

....

....

....

....

figuur 10 Informatie over een röntgencontrastfoto van de darm.

Röntgencontrast

De darmwand kun je niet zichtbaar maken met röntgenstraling. Om afwijkingen zichtbaar te maken, moet er een laagje barium op gelegd worden, dat geen röntgenstralen doorlaat. Bariumsulfaat vermengd met water wordt als klysma gegeven of ingeslikt. Barium via een klysma is in 25 minuten ter plaatse, ingeslikt barium doet er vijf uur over.



4 Bescherming tegen straling

LEERDOELEN

8.4.1 Je kunt de gevaren beschrijven van de ioniserende straling die radioactieve stoffen afgeven.
8.4.2 Je kunt maatregelen benoemen die de hoeveelheid straling die iemand ontvangt verkleinen.
8.4.3 Je kunt voorzorgsmaatregelen noemen voor het werken met radioactieve stoffen.
8.4.4 Je kunt uitleggen wat radioactieve besmetting is en hoe je besmetting kunt voorkomen.
8.4.5 Je kunt beschrijven welke maatregelen worden genomen als mensen radioactief besmet raken.
EXTRA 8.4.6 Je kunt uitleggen wat stralingsnormen zijn en in welke eenheid ze worden uitgedrukt.

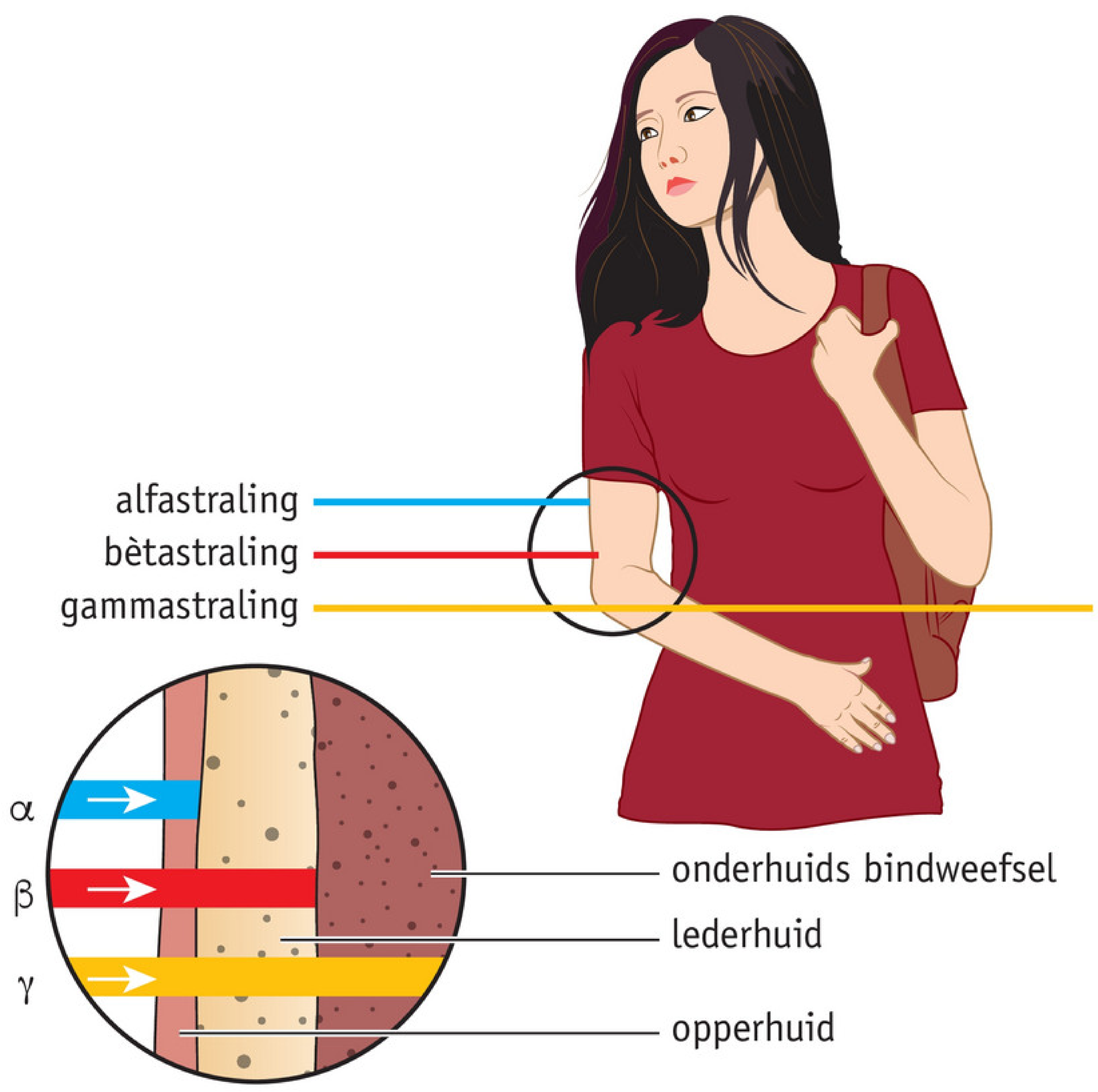
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	8.4.1	8.4.2	8.4.3	8.4.4	8.4.5	8.4.6
Onthouden	1abc	3, 4, 6abc		5		13abcd
Begrijpen	2, 7, 9a		10abcd, 12a	8abcd, 9b, 11abc		14a
Toepassen	9c				12b	14bc
Analyseren						14d

In een ziekenhuis worden radioactieve stoffen opgeborgen in een kluis, zo lang ze niet nodig zijn. Waarom zijn de wanden van zo'n kluis bekleed met lood?

GEVAREN VAN STRALING

De ioniserende straling die radioactieve stoffen afgeven, is gevaarlijk. Mensen die een hoge dosis straling oplopen, overlijden vrijwel meteen. Bij een iets minder hoge dosis word je na enkele dagen of weken ernstig ziek.

Mensen die een lage dosis straling oplopen, merken daar op het moment zelf niets van. Wel is de kans groter dat ze later kanker krijgen. Ook wordt de kans groter dat ze kinderen krijgen met een aangeboren afwijking.



figuur 1 Gammastraling dringt het diepst in het lichaam door.

Bij bestraling van buitenaf is gammastraling het meest schadelijk. Alfastraling wordt helemaal geabsorbeerd door de dode cellen in de opperhuid. Bètastraling kan de opperhuid wel passeren, maar komt maar enkele millimeters het lichaam in. Alleen gammastraling kan de organen in het lichaam bereiken (figuur 1).

Bij bestraling van binnenuit zijn alle soorten straling gevaarlijk. De cellen van je lichaam staan dan direct aan de straling bloot. Alfastraling levert het grootste risico op, omdat deze straling in een klein gebied rond de bron wordt geabsorbeerd en daar grote schade aanricht.

BESCHERMING TEGEN BESTRALING

Voor het werken met radioactieve stoffen gelden verschillende voorzorgsmaatregelen.

- De tijd dat mensen vlak bij de radioactieve stoffen komen, wordt zo kort mogelijk gehouden.
- De afstand tot de radioactieve stoffen wordt zo groot mogelijk gemaakt. Zo nodig worden er machines gebruikt die je op afstand kunt bedienen.
- Er wordt **afschermingsmateriaal** gebruikt dat de straling absorbeert. Dat is vooral belangrijk voor gammastraling, de soort straling met het grootste doordringend vermogen. Een veelgebruikt afschermingsmateriaal is lood (figuur 2). Hoe dikker de laag lood is, hoe meer gammastraling er wordt geabsorbeerd en hoe minder er wordt doorgelaten.



figuur 2 Dit is een container waarin flesjes met radioactieve stoffen worden vervoerd. De binnen- en de buitenwand zijn van staal, met daartussen een dikke laag lood.

BESMETTING VOORKOMEN

Radioactieve stoffen mogen niet terechtkomen in de bodem, het grondwater of de lucht. Als dat toch gebeurt, zeg je dat er radioactieve besmetting (vervuiling) heeft plaatsgevonden. Er kunnen dan radioactieve stoffen in je lichaam terechtkomen:

- via de lucht die je inademt;
- via het water dat je drinkt;
- via het voedsel dat je eet.

Het gevolg is dat je lichaam inwendig wordt bestraald.

Veel veiligheidsmaatregelen zijn erop gericht dat er geen besmetting plaatsvindt. Zo voorkom je dat er problemen ontstaan. Daarom gelden er strenge regels in ziekenhuizen en laboratoria, zoals:

- Werk alleen met radioactieve stoffen in daarvoor aangewezen ruimtes.
- Doe een jas en schoenhoezen aan als je een werkruimte binnengaat (figuur 3).
- Let er goed op dat je geen radioactieve stoffen morst.
- Was altijd eerst je handen grondig als je de werkruimte verlaat.
- Controleer regelmatig of de werkruimtes niet radioactief besmet zijn.



figuur 3 Om verspreiding van radioactieve stoffen te voorkomen, zijn schoenhoezen verplicht.

MAATREGELEN BIJ BESMETTING

Ondanks alle voorzorgsmaatregelen kan het toch gebeuren dat er radioactieve besmetting plaatsvindt. In zo'n geval moeten er direct maatregelen worden genomen:

- Mensen moeten besmette kleding uittrekken en meteen gaan douchen.
- De besmette kleding moet zorgvuldig worden opgeborgen.
- Besmette ruimtes moeten worden schoongemaakt (ontsmet).

Deze maatregelen hebben één uitgangspunt: houd radioactieve stoffen uit de buurt van mensen. Je wilt voorkomen dat ze op de huid of in het lichaam terechtkomen. En als het toch een keer fout gaat, moet je ze zo snel mogelijk weer verwijderen (figuur 4).



figuur 4 De radioactieve stoffen worden met water van de materialen afgespoeld.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

EXTRA STRALINGSNORMEN

Er zijn allerlei mensen die voor hun beroep met radioactieve stoffen werken. Dit soort beroepen vind je bijvoorbeeld in ziekenhuizen, laboratoria en kerncentrales. Voor deze 'radiologisch werkers' gelden strenge veiligheidsregels. Die regels moeten voorkomen dat ze een te hoge dosis (hoeveelheid) straling oplopen.

De dosis wordt uitgedrukt in millisievert (mSv). Deze eenheid houdt er rekening mee dat de ene soort straling schadelijker is dan de andere. Een dosis van 5 mSv is vijf keer zo schadelijk als een dosis van 1 mSv. Op die manier kun je het risico voor mensen het best inschatten.

Een radiologisch werker mag op het werk in één jaar maximaal 20 mSv oplopen. Voor gewone werknemers ligt de grens bij 1 mSv per jaar. Een beroep mag wel een extra risico met zich meebrengen, want andere beroepen hebben ook hun eigen risico's. Maar het risico mag niet te groot zijn.

Radiologisch werkers moeten tijdens hun werk een dosismeter dragen (figuur 5). Dit instrument houdt bij hoeveel straling de drager in een bepaalde periode oploopt. De meter wordt regelmatig uitgelezen. Zo wordt gecontroleerd of werknemers niet aan te veel straling blootstaan.



figuur 5 Deze laborant draagt een dosismeter op haar labjas.

LEERSTOF

1 Lees de volgende drie beweringen.

a Een zeer hoge dosis ioniserende straling kan onmiddellijk dodelijk zijn. *waar / onwaar*
b Ioniserende straling kan voor aangeboren afwijkingen zorgen. *waar / onwaar*
c Een lage dosis ioniserende straling is ongevaarlijk. *waar / onwaar*

2 Wat is een kenmerk van bètastraling?

○ A Bètastraling kan organen zoals het hart en de longen binnendringen.
○ B Bètastraling komt enige millimeters het lichaam in.
○ C Bètastraling wordt geabsorbeerd door de opperhuid.

3 Voor de bescherming tegen straling wordt afschermingsmateriaal gebruikt.
Welk materiaal wordt veel gebruikt als afschermingsmateriaal?

○ A aluminium
○ B kunststof
○ C lood
○ D zilver

4 Bij radioactieve stoffen moet je veiligheidsmaatregelen nemen.
Wat is het belangrijkste uitgangspunt bij deze veiligheidsmaatregelen?

- ○ A Mensen moeten goede beschermende kleding dragen.
- ○ B Mensen mogen maar kort met radioactieve stoffen werken.
- ○ C Radioactieve stoffen moeten bij mensen uit de buurt worden gehouden.

5 Op welke drie manieren kunnen radioactieve stoffen in je lichaam terechtkomen?

....

....

....

6 Als je mensen wilt beschermen tegen straling, moet je:

a de tijd dat ze vlak bij radioactieve stoffen komen, zo .... mogelijk maken.

b de afstand tot de radioactieve stoffen zo .... mogelijk maken.

c afschermingsmateriaal gebruiken dat de straling ....

7 Bij bestraling van buitenaf is gammastraling het meest schadelijk.
Leg uit waardoor dat komt.

....

....

....

TOEPASSING

8 Lees de vier situaties waarin iemand een kleine dosis straling oploopt.

a Anneke heeft bij een onderzoek in het ziekenhuis een injectie gekregen met een radioactieve merkstof (tracer).
Als gevolg daarvan wordt zij *inwendig* / *uitwendig* bestraald.

b Elsemieke draagt een oud horloge met lichtgevende wijzers. De wijzers zijn beschilderd met verf die een beetje radioactief is.
Als gevolg daarvan wordt zij *inwendig* / *uitwendig* bestraald.

c Yao bekijkt een stuk pekblende dat hij in zijn stenenverzameling heeft. Pekblende is een erts dat een kleine hoeveelheid radioactief radium bevat.
Als gevolg daarvan wordt hij *inwendig* / *uitwendig* bestraald.

d Henry heeft een glas water gedronken. Drinkwater bevat altijd een zeer kleine hoeveelheid radioactief radium.
Als gevolg daarvan wordt hij *inwendig* / *uitwendig* bestraald.

9 Lees de tekst in figuur 6. De tekst komt uit een oud schoolboek.

a Leg uit wat de schrijver bedoelt met een 'alfastraler'.

....

....

b Alfastralers kunnen onder andere longkanker veroorzaken.
Hoe kan een alfastraler in iemands longen terechtkomen?

....

....

c Alfastralers kunnen gemakkelijk in de longen blijven 'plakken'.
Leg uit waarom dat erg nadelig is.

....

....

figuur 6 Het gevaar van alfastralers.

Als we de verschillende soorten radioactiviteit op doordringingsvermogen vergelijken, dan blijkt gammastraling door meters beton te worden weggevangen, bètastraling door millimeters aluminium of centimeters perspex te worden weggevangen en alfastraling nog niet door een velletje papier of 20 cm lucht te kunnen gaan. Toch blijken alfastralers de gevaarlijkste besmettingsbronnen te zijn voor de mens. De oorzaak hiervan is gelegen in het feit dat vele alfastralers, indien ingeademd of opgegeten, zich chemisch binden in het menselijk lichaam en daar lang actief blijven op korte afstand.

10 Om een gammafoto te kunnen nemen, brengt een arts een radioactieve vloeistof in de bloedsomloop van de patiënt.

a Waarom moet de arts hierbij plastic handschoenen dragen?
- ○ A om te voorkomen dat zijn handen worden bestraald
- ○ B om te voorkomen dat zijn handen worden besmet

b Leg uit waarom je de plastic handschoenen na gebruik niet bij het gewone ziekenhuisafval mag doen.

....

....

....

....

....

Werken als stralingscontroleur **beroep**

In het werk van Gerben (28 jaar) draait alles om veiligheid. Hij is stralingscontroleur bij een bedrijf dat medische isotopen produceert. Hij moet erop letten dat veiligheidsregels goed worden nageleefd en dat radioactieve besmettingen zoveel mogelijk worden voorkomen. Ook voert hij testen en metingen uit, bedient meetapparatuur en verwerkt de gegevens. Gerben heeft de opleiding Procesoperator B gedaan in het mbo en daarna een diploma gehaald als stralingsdeskundige. Nog steeds volgt hij regelmatig cursussen naast zijn werk.



11

Lees de tekst 'Werken als stralingscontroleur'.
Mensen die met stralingsbronnen werken, moeten zich aan allerlei regels houden.
Stralingscontroleurs letten erop dat de regels goed worden nageleefd.
Voorbeelden van veiligheidsregels zijn:

1 Voer alle handelingen snel, maar wel precies uit.
2 Was je handen nadat je met radioactieve stoffen hebt gewerkt.
3 Pak de stralingsbron niet met je handen beet, maar gebruik een tang.
4 Draag een loodschort als je met radioactieve stoffen werkt.

a Welke regel is bedoeld om zo hygiënisch mogelijk met radioactieve stoffen te werken?
regel 1 / regel 2 / regel 3 / regel 4

b Welke regel is bedoeld om de straling zo goed mogelijk af te schermen van je lichaam?
regel 1 / regel 2 / regel 3 / regel 4

c Welke regel is bedoeld om de afstand tot de radioactieve bron zo groot mogelijk te maken?
regel 1 / regel 2 / regel 3 / regel 4

d Welke regel is bedoeld om de tijd dat je aan straling blootstaat, zo kort mogelijk te houden?
regel 1 / regel 2 / regel 3 / regel 4

★ 12

Radiologisch werkers moeten hoezen over hun schoenen doen, voordat ze aan het werk gaan. Dat doen ze bij een overstapbankje (figuur 7). De hoezen moeten ervoor zorgen dat radioactieve stoffen zoveel mogelijk aan de 'vuile' kant van het bankje blijven.

a Jento wil aan het werk gaan en neemt een paar schoenhoezen uit het rek. Hij stapt over de bank heen en doet zijn schoenhoezen aan.
Leg uit dat dit niet de goede manier is.

....

....

....

....

....

b Als Jento klaar is met werken, doet hij zijn schoenhoezen uit.
Leg uit of hij zijn schoenhoezen moet uitdoen voordat hij over het bankje stapt of nadat hij het bankje is gepasseerd.

....

....

....

....

....

c Leg uit waarom Jento zijn voeten meteen na het uittrekken van de schoenhoezen naar de 'schone' kant van het bankje moet zwaaien.

....

....

....

....

....



figuur 7 Een overstapbankje staat op de grens tussen 'schoon' en 'vuil'.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

EXTRA STRALINGSNORMEN

13 Vul in.

a Een .... werker is iemand die voor zijn beroep met radioactieve stoffen werkt.

b De hoeveelheid ioniserende straling die je bij dat werk oploopt, wordt de .... genoemd.

c Een radiologisch werker mag in een jaar niet meer dan .... mSv oplopen.

d Of de dosis onder die norm blijft, wordt bijgehouden met een ....

14 De gemiddelde Nederlander loopt elk jaar een dosis van 2,9 mSv ioniserende straling op. In figuur 8 zie je wat de belangrijkste stralingsbronnen zijn.

a Welke bron levert de grootste bijdrage aan de gemiddelde stralingsdosis?

....

b De stralingsdosis die iemand in één jaar oploopt, is het ene jaar veel groter dan het andere.
Noteer een mogelijke oorzaak.

....

....

....

....

c Stel dat een radiologisch werker in één jaar de maximaal toegestane hoeveelheid straling oploopt.
Bereken hoeveel keer dat meer is dan het gemiddelde voor elke Nederlander.

....

....

....

....

d Voor zwangere vrouwen die in de radiologie werken, geldt een aangepaste stralingsnorm. Over de hele zwangerschap berekend mag de dosis niet hoger zijn dan 1 mSv.
Leg uit waarom deze norm veel strenger is dan de gewone norm van 20 mSv.

....

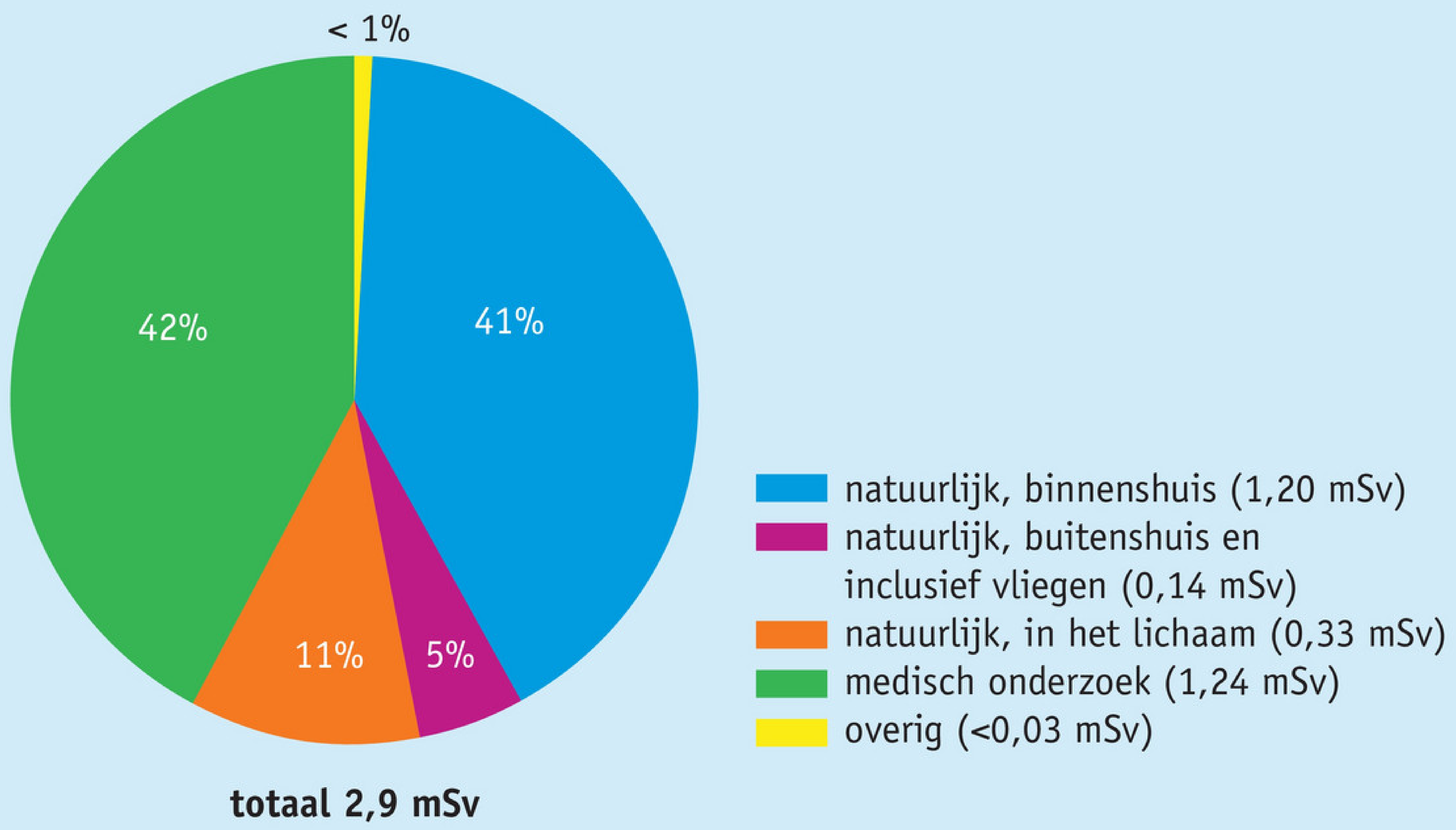
....

....

figuur 8 De belangrijkste bronnen van ioniserende straling in Nederland.

De 'stralingstaart'

Gemiddeld wordt een inwoner van Nederland blootgesteld aan ruim 2,9 millisievert per jaar (2017). Dit gemiddelde wordt berekend door alle stralingsdoses die Nederlanders oplopen bij elkaar op te tellen en te delen door het aantal inwoners van Nederland. De blootstelling is per persoon verschillend en kan afwijken van dit gemiddelde. De verschillende bronnen die bijdragen aan de totale gemiddelde stralingsbelasting worden in de figuur als taartpunten weergegeven.



bron: RIVM

Leerstofoverzicht

8.1 ATOMEN ALS STRALINGSBRON

ONTHOUD

- Radioactieve stoffen zenden spontaan ioniserende straling uit. Er bestaan natuurlijke radioactieve stoffen en kunstmatige radioactieve stoffen. De eerste hebben een natuurlijke oorsprong, de tweede zijn door mensen gemaakt.
- De bouwstenen van moleculen zijn atomen. Een stof waarvan de moleculen uit verschillende atomen bestaan noem je een verbinding. Verbindingen kunnen worden ontleed. Een element bestaat uit één soort atomen en kan daardoor niet verder worden ontleed.
- Een atoom bestaat uit een kern met daaromheen een aantal elektronen. De kern bestaat uit protonen en neutronen. Protonen hebben een positieve lading, elektronen hebben een negatieve lading. Neutronen hebben geen lading.
- Alle atomen van één element hebben hetzelfde aantal protonen in hun kern. Atoomkernen van één element kunnen een verschillend aantal neutronen in de kern hebben. Je zegt dan dat zo’n element verschillende isotopen heeft.

BEGRIPPEN

atomen
Bouwstenen waaruit moleculen zijn opgebouwd.

atoomnummer
Getal dat aangeeft hoe groot het aantal protonen is in de atoomkern van een element. Elk element heeft een eigen atoomnummer.

elektron
Een van de deeltjes waaruit een atoom bestaat. De elektronen bevinden zich op enige afstand van de atoomkern en hebben een negatieve lading.

element
Stof die niet verder kan worden ontleed. Een element bestaat slechts uit één soort atomen.

isotopen
Atomen van hetzelfde element (dus met hetzelfde aantal protonen), maar een verschillend aantal neutronen in hun kern.

kunstmatig radioactief
Radioactieve stoffen die door de mens zijn gemaakt.

massagetal
Geeft het aantal kerndeeltjes in een atoom aan.

natuurlijk radioactief
Radioactieve stoffen van natuurlijke oorsprong.

neutron
Een van de deeltjes waaruit een atoom bestaat. Neutronen maken deel uit van de atoomkern en hebben geen lading.

proton
Een van de deeltjes waaruit een atoom bestaat. Protonen maken deel uit van de atoomkern en hebben een positieve lading.

radioactief
Spontaan ioniserende straling uitzenden.

verbinding
Stof waarvan de moleculen uit verschillende soorten atomen bestaan.

8.2 RADIOACTIEF VERVAL

ONTHOUD

- Een radioactieve isotoop heeft een atoomkern die instabiel is. Zo'n instabiele kern kan spontaan uit elkaar vallen. Dit noem je radioactief verval. Tijdens dit verval zendt de atoomkern heel kort een flits ioniserende straling uit.
- De stralingsenergie die bij radioactief verval vrijkomt, is zo geconcentreerd dat zij elektronen uit moleculen kan wegschieten. Dit noem je ioniseren. Hierdoor vallen moleculen in brokstukken uit elkaar. Cellen in het lichaam kunnen ontregeld raken. Ook DNA in het menselijk lichaam kan worden beschadigd. Dat kan kanker en erfelijke afwijkingen veroorzaken.
- Het aantal kernen dat in een seconde vervalt noem je de activiteit. De eenheid van activiteit is becquerel (Bq). De activiteit meet je met een geigerteller.
- De halveringstijd is de tijd waarin de helft van de instabiele kernen van een hoeveelheid materiaal is verdwenen. Iedere radioactieve isotoop heeft zijn eigen halfwaardetijd.

BEGRIPPEN

activiteit
Aantal kernen dat in één seconde vervalt.

geigerteller
Instrument waarmee je de hoeveelheid ioniserende straling kunt meten.

halfwaardetijd
Tijd waarna de helft van het aantal instabiele kernen is vervallen. Ander woord voor halveringstijd.

halveringstijd
Tijd waarna de helft van het aantal instabiele kernen is vervallen. Ander woord voor halfwaardetijd.

instabiele kern
Atoomkern die spontaan uit elkaar valt, omdat het aantal protonen en neutronen niet goed in evenwicht is.

ioniseren
Verbreken van een verbinding in een molecuul door een geconcentreerde hoeveelheid stralingsenergie.

radioactief verval
Uit elkaar vallen van instabiele atoomkernen.

stralingsenergie
Vorm van energie die vrijkomt als atoomkernen vervallen.

8.3 STRALING GEBRUIKEN

ONTHOUD

- Radioactieve stoffen zenden drie soorten ioniserende straling uit: alfa-, bèta- en gammastraling. Alfastraling kan het minst ver in stoffen doordringen en gammastraling het verst. De dracht geeft aan hoe ver alfastraling en bètastraling maximaal in een stof kunnen doordringen.
- Voor medisch onderzoek wordt vaak gebruikgemaakt van gammastraling. Daarbij worden tracers (radioactieve merkstoffen) gebruikt die in het lichaam worden gebracht. Een gammacamera registreert de straling die uit het lichaam naar buiten komt.
- Ioniserende straling wordt gebruikt om kanker te bestrijden. Dit kan door bestraling van buitenaf en door bestraling van binnenuit.
- Bestraling van buitenaf gebeurt met gammastraling, omdat gammastraling ver in het lichaam kan doordringen. Bij bestraling van binnenuit wordt een radioactieve stof tijdelijk in het lichaam gebracht. De patiënt wordt hierdoor zelf tijdelijk radioactief.

BEGRIPPEN

alfastraling
Een van de drie soorten ioniserende straling die door radioactieve stoffen wordt uitgezonden. Alfastraling kan niet ver in stoffen doordringen.

bètastraling
Een van de drie soorten ioniserende straling die door radioactieve stoffen wordt uitgezonden. Bètastraling kan dieper in stoffen doordringen dan alfastraling, maar veel minder ver dan gammastraling.

doordringend vermogen
Eigenschap die aangeeft hoe ver ioniserende straling in een stof kan doordringen.

dracht
Maximale afstand waarover alfastraling en bètastraling in een stof doordringen.

gammastraling
Een van de drie soorten ioniserende straling die door radioactieve stoffen wordt uitgezonden. Gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen dan alfastraling en bètastraling.

tracer
Radioactieve merkstof die wordt gebruikt voor (medisch) onderzoek.

8.4 BESCHERMING TEGEN STRALING

ONTHOUD

- Een extreem hoge dosis ioniserende straling kan direct leiden tot de dood. Mensen die een lage dosis oplopen, hebben een verhoogde kans op kanker. De kans is groter dat ze kinderen krijgen met een aangeboren afwijking.
- Bij bestraling van buitenaf is gammastraling het meest schadelijk. Alfastraling wordt geabsorbeerd door dode huidcellen. Bètastraling kan enkele millimeters in de huid dringen.
- Als je met radioactieve stoffen werkt gelden voorzorgsmaatregelen:
  - zo kort mogelijk blootstellen aan straling;
  - de afstand tot de stralingsbron zo groot mogelijk maken;
  - afschermingsmaterialen gebruiken die straling absorberen.
- Het is belangrijk dat lucht, water en bodem niet worden besmet met radioactieve stoffen. Als dit toch gebeurt, kunnen radioactieve stoffen in je lichaam terechtkomen. Dat kan via de lucht die je inademt, via het water dat je drinkt en via het voedsel dat je eet.
- In laboratoria en ziekenhuizen waar met radioactieve stoffen wordt gewerkt, gelden veiligheidsmaatregelen om besmetting te voorkomen. Enkele van die regels zijn:
  - werk alleen in aangewezen ruimtes;
  - draag jas en schoenhoezen;
  - niet morsen;
  - handen wassen;
  - controleer op besmetting.
- Als je besmet raakt, moet je meteen maatregelen nemen:
  - besmette kleding uittrekken en douchen;
  - besmette kleding opbergen;
  - besmette ruimtes schoonmaken.

BEGRIP

afschermingsmateriaal
Materiaal dat ioniserende straling (met name gammastraling) absorbeert.

Ga naar de *Flitskaarten*.

Vaardigheden

WERKEN MET GEGEVENS

Bij het vak natuur- en scheikunde gaat het niet alleen om kennis (wat je weet), maar ook om vaardigheden (wat je kunt). Belangrijke vaardigheden zijn proeven doen, metingen uitvoeren, berekeningen maken, grafieken tekenen en verbanden herkennen. In dit onderdeel van de methode leer je daar meer over.



1 Werken met *BINAS*

In *BINAS* (voluit: *BINAS vmbo-kgt, 2e editie, Informatieboek voor Nask1 en Nask2*) kun je van alles opzoeken: grootheden, formules, schakelsymbolen, omrekenregels, gegevens van vaste stoffen en vloeistoffen en nog veel meer. Je kunt *BINAS* gebruiken als bron van gegevens en als geheugensteun.

BINAS als bron van gegevens

In *BINAS* staan gegevens over allerlei natuurkundige (en scheikundige) onderwerpen. De gegevens zijn geordend in tabellen. De eerste 32 tabellen horen bij het vak Nask1. Ze staan op een pagina met een blauwe rand. Je vindt in *BINAS* bijvoorbeeld:

- welke soorten straling zich net als licht voortplanten met de lichtsnelheid (tabel 23).
- hoe groot de verbrandingswarmte is van enkele veelgebruikte brandstoffen (tabel 19).
- hoe groot de dichtheid is van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen (tabellen 15 t/m 17).
- hoe groot de halfwaardetijd is van een groot aantal radioactieve isotopen (tabel 32).

Bij sommige opdrachten in dit boek moet je één of meer gegevens opzoeken in *BINAS*. Dat staat er dan altijd bij vermeld, met een verwijzing naar de juiste tabel. Bijvoorbeeld zo:

Gebruik *BINAS* tabel 32 *Enkele isotopen*.
Hoeveel protonen heeft een natriumatoom?

Het antwoord is in figuur 1 met geel gemarkeerd.

figuur 1 Een gedeelte van tabel 32 *Enkele isotopen in BINAS.*

stof	symbool	massagetal	aantal protonen	aantal neutronen	halfwaarde-tijd	straling
zuurstof	O	16	8	8	--	--
natrium	Na	23	11	12	--	--
natrium	Na-22	22	11	11	2,6 j β	γ
magnesium	Mg	24	12	12	--	--

BINAS als geheugensteun

In *BINAS* staan behalve gegevens ook formules, grootheden, eenheden en symbolen. Heb je iets geleerd, maar weet je het niet goed meer? Pak dan *BINAS* erbij. Daar vind je een antwoord op vragen als:

- Wat betekent het voorvoegsel M in MJ?
  Zie tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren*.
  Het voorvoegsel M staat voor mega = miljoen.

- In welke eenheid meet je de radioactiviteit van een voorwerp?
  Zie tabel 6 *Enkele grootheden*.
  Je meet de (radio)activiteit in de eenheid becquerel, afkorting Bq.

- Met welke formule kun je de dichtheid berekenen?
  Zie tabel 9 *Vaste stoffen, vloeistoffen en gassen*.
  De formule voor de dichtheid is: $\rho = \frac{m}{V}$

2 Een onderzoek doen

Door een onderzoek te doen kun je meer te weten komen over een verschijnsel uit de natuurkunde of scheikunde. Bij zo'n onderzoek ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag.**
Een onderzoeksvraag is een vraag waarop jij graag een antwoord wilt krijgen. Om dat antwoord te kunnen krijgen, moet je een onderzoek doen. Soms staat de onderzoeksvraag al in de opdracht vermeld. Dan kun je die gewoon overnemen. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Dat is lastiger. Verzamel ideeën en kies de beste uit. Het is verstandig om een vraag te kiezen waarbij je zelf al een idee hebt hoe je aan het antwoord kunt komen. Stel de vraag zó dat iedereen de vraag kan begrijpen.

VOORBEELD
Erhan heeft als onderzoeksvraag bedacht:
Hoe groot is de sterkte van een positief brillenglas?
Erhan wil voor het onderzoek een brillenglas gebruiken dat hij uit een oude bril heeft gesloopt. Hij weet hoe hij het brandpunt van een positieve lens kan bepalen.

Stap 2 **Maak een werkplan.**
In je werkplan moet je de volgende vragen beantwoorden:
- Welke materialen en apparatuur heb je nodig?
- Welke opstelling ga je bouwen (maak een tekening)?
- Welke grootheden ga je meten?
- Hoe ga je je meetresultaten verwerken:
  - Welke formules heb je nodig?
  - Maak je een tabel?
  - Maak je ook een grafiek?

In figuur 2 zie je Erhans werkplan.

Stap 3 **Voer metingen uit.**
Je bouwt je opstelling en voert de metingen uit. Schrijf al je metingen geordend op, bijvoorbeeld in een tabel. Zie vaardigheid 8 *Werken met tabellen en grafieken*.

Stap 4 **Verwerk de gegevens.**
Gebruik nu de formule(s) die je nodig hebt en maak daarmee de berekeningen om je antwoord te vinden. Soms kun je je meetresultaten in een grafiek weergeven. Zie de vaardigheden 8 *Werken met tabellen en grafieken* en 9 *Verbanden meten*.

Stap 5 **Trek conclusies.**
Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Geef een antwoord op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af of er in je metingen onnauwkeurigheden kunnen zitten, waardoor je misschien een verkeerd antwoord op de onderzoeksvraag hebt gegeven. Zou je die onnauwkeurigheden kunnen verkleinen?

Stap 6 **Maak een verslag.**
Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie vaardigheid 10 *Een verslag maken*.

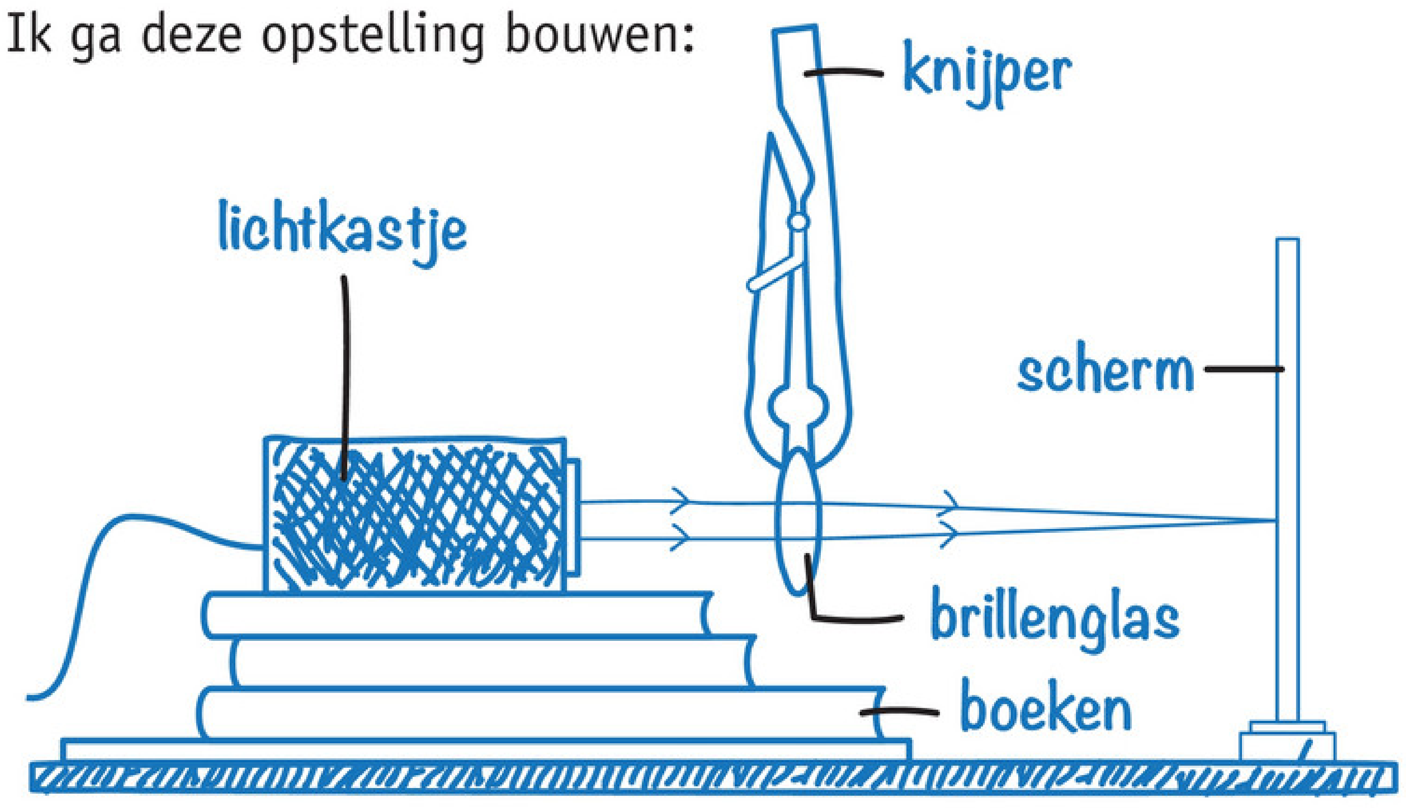
WERKPLAN **Erhan Sevim**
Onderzoek: de sterkte bepalen van een positief brillenglas

Materialen en apparatuur

Ik heb nodig:
- lichtkastje
- scherm
- brillenglas (positief)
- reageerbuishouder (knijper)
- liniaal

Opstelling

Ik ga deze opstelling bouwen:



Formules

$S = \frac{1}{f}$

Metingen

Ik beweeg het brillenglas heen en weer om het brandpunt te vinden.
Daarna meet ik de afstand tussen het brillenglas en het scherm.

figuur 2 Erhans werkplan.

3 Veilig werken met stoffen

Houd je aan de volgende veiligheidsregels, als je met stoffen werkt.

Draag de juiste kleding
- Draag altijd een laboratoriumjas (labjas) en doe die dicht.
- Bind lange haren met een elastiekje of haarband naar achteren.
- Draag altijd een veiligheidsbril.

Bereid je goed voor
Zorg ervoor dat je de gevaren van de gebruikte stoffen kent. Je kunt die informatie halen:
- uit de instructie van je leraar;
- uit de proefbeschrijving in je boek;
- uit de veiligheidskaarten bij de stoffen;
- uit de pictogrammen en tekst op de etiketten die op de voorraadpotten staan.

Leer welke pictogrammen (veiligheidssymbolen) je kunt tegenkomen en wat ze betekenen.

Werk netjes
- Gebruik een spatel om stoffen uit een voorraadpot te halen.
- Houd de reageerbuis zo dicht mogelijk bij de voorraadpot.
- Neem niet meer stof dan je voor de proef nodig hebt.
- Houd de spatel horizontaal bij het scheppen en overbrengen naar de reageerbuis.
- Blijf met een volle spatel boven de voorraadpot of de reageerbuis.
- Zorg ervoor dat vloeistoffen niet gaan spatten.

Voorkom besmetting met chemicaliën
- Ruim gemorst materiaal meteen op.
- Eet en drink nooit tijdens het practicum.
- Houd boeken en tassen uit de buurt van chemicaliën.
- Maak alle materialen na afloop schoon en ruim ze netjes op.
- Was na afloop van het practicum altijd je handen.

Gebruik veiligheidsmiddelen als dat nodig is
- Onthoud waar je de volgende veiligheidsmiddelen kunt vinden:
  - labjas
  - veiligheidsbril
  - blusmiddelen
  - (oog)douche
  - branddeken
- Gebruik de veiligheidsmiddelen als dat nodig is (figuur 3). Houd je daarbij aan de instructie die je krijgt van je leraar.



figuur 3 Zo gebruik je een oogdouche.

De stoffen waarmee je tijdens practica werkt, zijn soms schadelijk voor het milieu. Ze mogen niet in het milieu (lucht, water, bodem) terechtkomen. Bij veilig werken hoort daarom ook:

Werk met kleine hoeveelheden
Hoe minder stof je neemt voor een proef, hoe minder van die stof in het milieu terecht kan komen. Neem dus niet meer van een stof dan in de instructie wordt aangegeven.

Houd je aan de aanwijzingen
Je leraar en/of de TOA zal je vertellen:
- hoe je de verschillende stoffen moet ophalen;
- wat je moet doen als je per ongeluk iets morst;
- wat je moet doen met de stoffen die overblijven.

Houd je aan die aanwijzingen. Dan werk je veilig en milieubewust.

Lever de stoffen die overblijven gescheiden in
Stoffen die je niet hebt gebruikt, kun je weer inleveren bij je leraar of TOA (figuur 4). Afvalstoffen lever je ook gescheiden in. Veel scholen hebben aparte afvalbakken voor:
- zware metalen (ZM);
- overige anorganische stoffen (OAS);
- halogeenhoudende organische stoffen (HOS);
- overige organische stoffen (OOS).



figuur 4 Zo kun je een vloeistof na een proef weer inleveren.

Soms mag je afval in de gootsteen gieten of in de prullenbak gooien. Doe dat alleen als je leraar of TOA duidelijk heeft gezegd dat dat mag.

4 Werken met formules

Bij het vak natuur- en scheikunde maak je af en toe berekeningen. Dit is een goede aanpak:

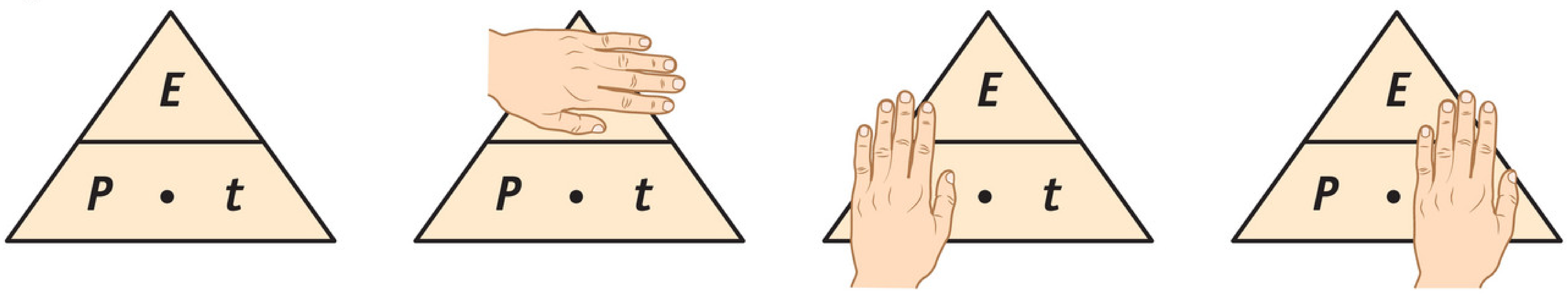
Stap 1 **Lees de opgave.**
Lees de opgave en schat in welke buurt de uitkomst zal liggen. Stel dat je moet uitrekenen hoe groot de massa van een leerling is. Dan weet je wel dat de uitkomst ergens moet uitkomen tussen 40 en 80 kg.

Stap 2 **Schrijf de gegevens op.**
Schrijf de grootheid op en schrijf de waarde erachter. Vergeet de eenheid niet. Soms is het handig een eenheid alvast om te rekenen.

Stap 3 **Schrijf op wat wordt gevraagd.**
Schrijf de gevraagde grootheid op en schrijf er een vraagteken achter.

Stap 4 **Schrijf de formule op.**
Sommige formules kun je op verschillende manieren opschrijven. Het trucje in figuur 5 kan je daarbij helpen. Neem de vorm waarin de gevraagde grootheid voor het =-teken staat.

figuur 5 Een formule omwerken.



Zo vind je de drie vormen van deze formule.

De eerste vorm: $E = P \cdot t$

De tweede vorm: $P = \frac{E}{t}$

en de derde vorm: $t = \frac{E}{P}$

Stap 5 **Vul de gegevens in.**
Let erop dat je de juiste eenheden opschrijft.

Stap 6 **Werk de berekening uit.**
Schrijf ook bij alle getallen de bijbehorende eenheden in je berekening op.

Stap 7 **Schrijf de uitkomst op.**
De uitkomst is een getal + een eenheid. Schrijf in je uitkomst ook op welke grootheid je hebt uitgerekend. Schrijf dus niet alleen maar: 2500 J, maar: E = 2500 J of: Het energieverbruik = 2500 J.

Stap 8 **Controleer de uitkomst.**
Vergelijk de uitkomst met de schatting die je in het begin maakte. Kijk ook na of je geen reken- of overschrijffouten hebt gemaakt en of je de juiste eenheid achter het getal hebt gezet.

De volledige manier van opschrijven van de rekenopdracht zie je in de voorbeeldopdracht.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Lita verwarmt 200 mL water met een dompelaar van 350 W. Na 3,5 min kookt het water. Bereken hoeveel warmte de dompelaar in die tijd heeft geproduceerd.		stap 1
gegevens	P = 350 W t = 3,5 min = 210 s	stap 2
gevraagd	E = ?	stap 3
uitwerking	$E = P \cdot t$	stap 4
	E = 350 × 210 = 73 500 J = 73,5 kJ	stappen 5 en 6
De dompelaar heeft dus 73,5 kJ warmte geproduceerd.		stappen 7 en 8

5 Werken met grootheden en eenheden

Een grootheid is iets wat je kunt meten met een geschikt meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte (afstand), massa en kracht. Meer grootheden zie je in tabel 1.

Om een grootheid te kunnen meten, heb je een afgesproken maat nodig. Zo'n afgesproken maat noem je een eenheid. Je meet lengte in meter, massa in kilogram en energiebehoefte in joule. Meter is de eenheid van lengte, kilogram de eenheid van massa en joule de eenheid van energie. Elke grootheid heeft een officiële internationale SI-eenheid (SI staat voor *Système International*: het in 1960 ingevoerde internationale systeem van eenheden).

Voor het meten van je lengte is de meter heel geschikt (figuur 6). Maar voor de brandpuntsafstand van je contactlenzen gebruik je een kleinere eenheid: de centimeter. De joule is de officiële eenheid van energie, maar elektrische energie wordt afgerekend per kilowattuur. Tijd meet je de ene keer in seconden, de andere keer in jaren of in eeuwen. Het ligt dus aan de situatie welke eenheid je gebruikt.

In tabel 1 vind je een overzicht van alle grootheden en hun eenheden die in dit boek voorkomen. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veelgebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.



figuur 6 Als je meet, vergelijk je een grootheid (de lengte) met een eenheid (de meter).

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	afkorting	SI-eenheid	afkorting	alternatieve eenheid	afkorting
activiteit	*A*	becquerel	Bq	megabecquerel	MBq
dichtheid	*ρ*	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	gram per kubieke centimeter	g/cm^3
energie	*E*	joule	J	kilowattuur	kWh
lengte, afstand	*l*	meter	m	centimeter	cm
massa	*m*	kilogram	kg	gram	g
spanning	*U*	volt	V	kilovolt	kV
stroomsterkte	*I*	ampère	A	milliampère	mA
temperatuur	*T*	kelvin	K	graden Celsius	°C
tijd	*t*	seconde	s	uur	h
vermogen	*P*	watt	W	kilowatt	kW
volume	*V*	kubieke meter	m^3	kubieke centimeter	cm^3

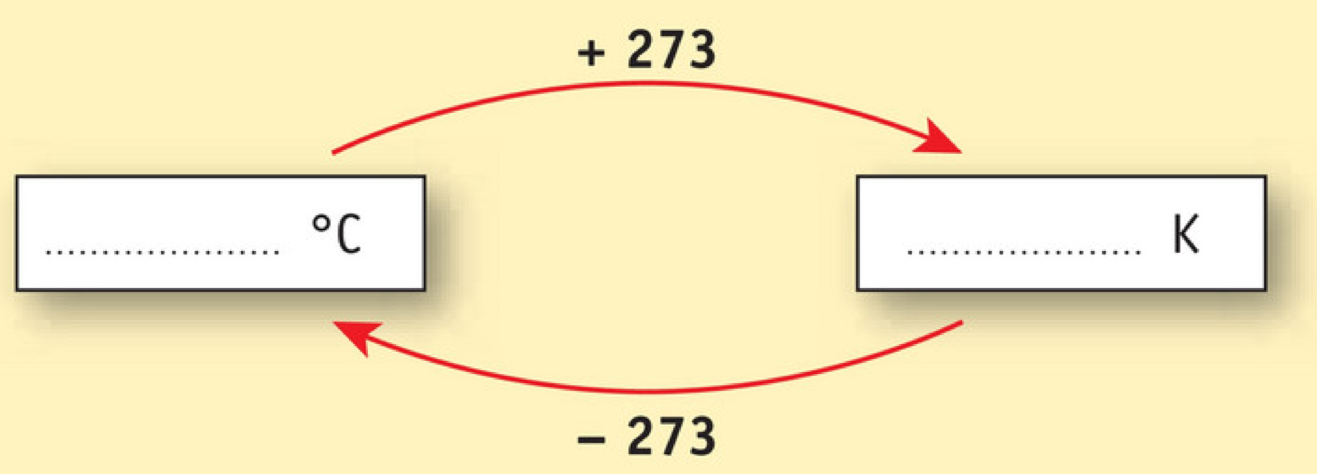
VOORBEELDOPDRACHT 2

In *BINAS* staat dat het kookpunt van stikstof 77 K is.
Hoeveel is dat in °C?

In hoofdstuk 6 heb je geleerd hoe je van °C omrekent naar K, en omgekeerd (figuur 7):

- Om de temperatuur in K te vinden, moet je 273 optellen bij de temperatuur in °C.
- Om de temperatuur in °C te vinden, moet je 273 aftrekken van de temperatuur in K.

Het kookpunt van stikstof is dus 77 − 273 = −196 °C.



figuur 7 Omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd.

6 Werken met voorvoegsels

Bij het vak natuur- en scheikunde krijg je soms te maken met getallen die erg groot of juist erg klein zijn (figuur 8). Er is een handige manier bedacht om dit soort getallen korter op te schrijven. In plaats van: 'Een kubieke meter aardgas levert 32 000 000 J warmte.' kun je ook schrijven: 'Een kubieke meter aardgas levert 32 MJ warmte.'



figuur 8 Op een gasmeter kun je aflezen hoeveel m^3 aardgas er is verbruikt.

Het voorvoegsel M (mega) betekent hetzelfde als 1 000 000 (miljoen):
1 megajoule = 1 000 000 joule
1 megawatt = 1 000 000 watt
1 MBq = 1 000 000 Bq.

Over het gebruik van dit soort voorvoegsels zijn afspraken gemaakt die gelden voor de hele wereld. In deze afspraken staat:
- welke voorvoegsels je mag gebruiken;
- wat die voorvoegsels betekenen;
- hoe je die voorvoegsels afkort.

In tabel 2 zie je de meest gebruikte voorvoegsels, met bij elk voorvoegsel een voorbeeld.

tabel 2 Voorvoegsels en hun betekenis.

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
mega	M	1 000 000	1 MJ = 1 000 000 J
kilo	k	1000	1 kW = 1000 W
hecto	h	100	1 hPa = 100 Pa
deci	d	0,1	1 dL = 0,1 L
centi	c	0,01	1 cm = 0,01 m
milli	m	0,001	1 mg = 0,001 g
micro	µ	0,000 001	1 µs = 0,000 001 s

Soms moet je gegevens omrekenen van de ene eenheid naar de andere. In het voorbeeld hierna zie je hoe je dat kunt aanpakken.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Een ligbad wordt gevuld met warm water. Gloria heeft berekend dat hiervoor 14 800 kJ warmte nodig is.
Hoeveel MJ is dat?

Om te beginnen bedenk je dat 1 MJ gelijk is aan 1000 kJ.
Bij het omrekenen van kJ naar MJ deel je dus door 1000.
Als je dat doet, kom je uit op: 14 800 kJ = 14,8 MJ.

Je kunt het antwoord controleren door 14 800 kJ uit te schrijven:
14 800 kJ = 14 800 × 1000 J = 14 800 000 joule = 14,8 miljoen joule = 14,8 MJ.

7 Rekenen met verhoudingen

Sommige problemen kun je oplossen door een verhoudingstabel te maken. Zo'n tabel kan bijvoorbeeld handig zijn als je moet rekenen met de verbrandingswarmte.

Stel dat wordt gevraagd hoeveel m^3 aardgas je moet verbranden om aan 8 MJ warmte te komen. Gegeven is de verbrandingswarmte van aardgas: 32 MJ/m^3. Je kunt het antwoord als volgt berekenen.

- Schrijf de gegevens op in een verhoudingstabel. Tussen 32 MJ en 8 MJ schrijf je 1 MJ op als tussenstap:

warmte (MJ)	32	1	8
volume (m^3)	1	....	....

- Je ziet:
  - Eerst moet je delen door 32.
  - Daarna moet je vermenigvuldigen met 8.

- Je vult de verhoudingstabel dus zo in:

: 32 → × 8 →

warmte (MJ)	32	1	8
volume (m^3)	1	0,03125	0,25

: 32 → × 8 →

Er moet dus 0,25 m^3 aardgas worden verbrand.

8 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Over een stuk elastiek kun je bijvoorbeeld vragen:
Hoe hangt de uitrekking van een stuk elastiek af van de kracht die op het elastiek wordt uitgeoefend?
Je wilt dus het verband meten tussen de uitrekking en de kracht.

Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je hang het elastiek aan een statief en bevestigt onder aan het elastiek een gewichtendrager (figuur 9a). Je zet een voor een gewichtjes op de gewichtendrager, en bepaalt bij elk nieuw gewichtje opnieuw de uitrekking. In een tabel schrijf je de meetresultaten op: links het gewicht, rechts de uitrekking (figuur 9b).

Verbanden worden duidelijker als je ze weergeeft in een grafiek (figuur 9c).

figuur 9 Van een meting naar een grafiek.



a meten **b** opschrijven **c** tekenen

Zo'n grafiek maak je als volgt:

- Werk alles uit in potlood. Anders kun je later niets meer verbeteren.
- Teken een assenstelsel. In het boek is dat meestal al voor je gedaan.
- Zet bij elke as een grootheid, met de eenheid waarin je hebt gemeten.
  Bijvoorbeeld: → tijd (min) en → temperatuur (°C).
- Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling. Zorg ervoor dat al je metingen in de grafiek passen en dat je grafiek niet te klein wordt. Gebruik minstens twee derde deel van de beschikbare ruimte op de as.
- Teken de meetresultaten in als punten. Besef dat er altijd kleine meetfouten in je meetresultaten zitten. Je mag er niet van uitgaan dat elk punt exact juist is.
- Trek een rechte lijn als de meetpunten zo ongeveer op een rechte lijn liggen. Laat die lijn zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Maar let op: je mag de punten niet een voor een met rechte lijntjes met elkaar verbinden, zodat je een onregelmatig heen en weer gaande zigzaglijn krijgt.
- Teken een vloeiende kromme als de punten duidelijk niet op één rechte lijn liggen. Laat de kromme zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Net als bij een rechte lijn mag je de punten niet een voor een met elkaar verbinden.

Het geeft dus niet dat een rechte lijn of een kromme niet precies door alle meetpunten loopt. Het is normaal dat meetpunten niet 100% nauwkeurig zijn. Daarom moet je bij het tekenen van de grafiek ook niet doen alsof.

9 Verbanden meten

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Hoe verandert de beeldafstand als je de voorwerpsafstand steeds groter maakt?

Bij deze vraag gaat het om het verband tussen de beeldafstand en de voorwerpsafstand. Hoe meet je nu zo'n verband?

- Maak eerst een tabel waarin je de meetresultaten kunt opschrijven: links de voorwerpsafstand, rechts de beeldafstand.

- Maak de voorwerpsafstand stapsgewijs groter en lees af: welke beeldafstand hoort bij deze voorwerpsafstand? Schrijf de meetwaarden op in de tabel.

- Controleer alle metingen minstens twee keer, om aflees- en opschrijffouten te kunnen verbeteren.

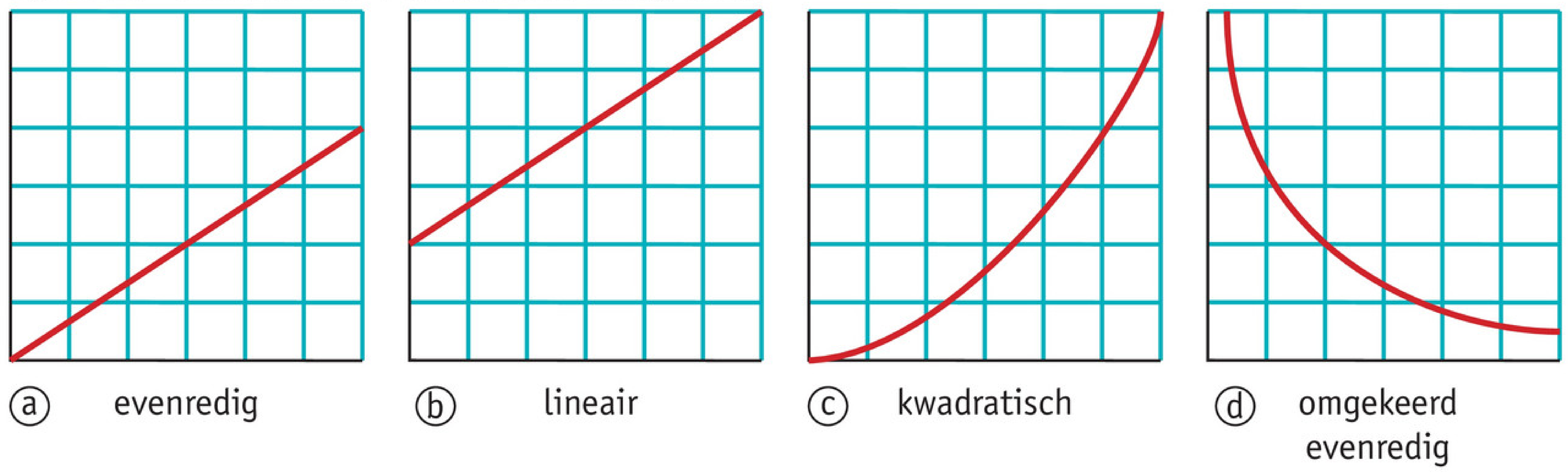
- Verwerk je metingen tot een grafiek. In vaardigheid 8 *Werken met tabellen en grafieken* kun je lezen hoe dat moet. Zet de voorwerpsafstand langs de horizontale as en de beeldafstand langs de verticale as.

- Vergelijk de grafiek die je hebt getekend met figuur 10. Daarin zie je hoe een grafiek eruitziet:
  a als het verband evenredig is;
  b als het verband lineair is;
  c als het verband kwadratisch is;
  d als het verband omgekeerd evenredig is.

Als de grafiek een rechte lijn is, is het verband tussen de twee grootheden lineair. Gaat de grafiek ook door de oorsprong, dan is het verband evenredig.

Het meten van verbanden tussen andere grootheden kun je op dezelfde manier aanpakken.

figuur 10 Verschillende verbanden in een grafiek.



10 Een verslag maken

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is uitgevoerd. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een gewone practicumproef.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop schrijf je de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in je onderzoeksgroep, de naam van je leraar, de datum en het jaar.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden en welk antwoord je van tevoren dacht te vinden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin schrijf je op wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van teksten, tabellen, foto's en dergelijke.

§ 4 Uitwerking
Hierin maak je grafieken van je meetwaarden en voer je berekeningen uit die je nodig hebt om je onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden.

§ 5 Conclusies
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag. Ook schrijf je op wat er beter had gekund.

Een verslag hoort er goed en verzorgd uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren. Een aantal aanwijzingen:
- Maak je verslag op de computer.
- Gebruik papier op A4-formaat.
- Zorg dat er ruime marges (witte ruimtes) overblijven: onder en boven, links en rechts.
- Kies een goed leesbaar lettertype, met een goede lettergrootte.
- Zet een vet kopje boven elke paragraaf.
- Zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken. Zet er een nummer bij, zodat je ernaar kunt verwijzen.

Er zijn ook andere manieren om een verslag te maken. Sommige proeven kun je bijvoorbeeld filmen. Let wel op dat je alle paragrafen van het verslag aan bod laat komen. Een enkele keer kun je er misschien zelfs een rap van maken. En misschien zijn er nog andere vormen die jij leuk vindt. Overleg dat eerst altijd met je leraar.

Register

V

W

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEURS
S. Michon
F. Kappers
C. Schatorjé
T. Seynaeve

TECHNISCH TEKENWERK
Edwin Verbaal, Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem,
Erik Eshuis Infographics, Groningen

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam

BEELDVERANTWOORDING
123RF/Aurélie Le Moigne: Pag. 199 (b.); 123RF/dimedrol68: Pag. 177 (l.); 123RF/Tyler Olson: Pag. 53 (b.); Alamy/ Imageselect/Andrew Aitchison/Edwin Verbaal, Verbaal Visuele Communicatie: Pag. 119; ANP Foto /VidiPhoto: Pag. 33; ANP Foto/Hollandse Hoogte/Harry Cock: Pag. 232; ANP Foto/Koen Suyk: Pag. 205 (b.); ANP Foto/Science Photo Library/ALFRED PASIEKA/Edwin Verbaal, Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 34; ANP Foto/Science Photo Library/CNRI: Pag. 217 (o.); ANP Foto/Science Photo Library/ Cordelia Molloy: Pag. 27 (m.); ANP Foto/Science Photo Library/Dennis Kunkel: Pag. 116; ANP Foto/Science Photo Library/GIPhotostock: Pag. 36 (l.), 36 (r.); ANP Foto/Science Photo Library/Public Health England: Pag. 229; ANP Foto/ Science Photo Library/Stefan Diller: Pag. 112; ANP Foto/ Science Photo Library: Pag. 217 (r.b.); Deborah Roffel Photography/HVC Groep/Deborah Roffel Photography: Pag. 161; Didacus Odhiambo/Integrated Solar Cooking Project/ Didacus Odhiambo: Pag. 104 (o.); Dreamstime/Racorn: Pag. 178 (b.); Edwin Verbaal, Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 8, 9 (b.), 9 (m.), 9 (o.), 29, 35, 38, 39 (b.), 39 (m.), 39 (o.), 40 (b.), 43 (l.b.), 43 (r.b.), 43 (o.), 44 (b.), 45 (b.), 46, 49 (l.o.), 49 (r.o.), 50 (b.), 50 (o.), 52, 53 (o.), 55, 61 (l.), 61 (r.), 64, 74, 76, 78, 80 (r.), 84, 85, 86, 88, 90 (b.), 90 (o.), 91 (o.), 92 (b.), 93, 96 (o.), 97, 98, 101, 103 (b.), 106, 107, 109 (l.b.), 109 (r.b.), 109 (r.o.), 115, 117 (b.), 117 (o.), 118, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 129, 11 (l.m.), 11 (r.m.), 12 (o.), 13, 14 (b.), 14 (l.o.), 14 (m.o.), 14 (r.o.), 15 (b.), 16, 18 (b.), 18 (o.), 19 (b.), 19 (o.), 21, 23 (b.), 23 (o.), 24; Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 12 (b.), 37 (b.), 37 (o.), 40 (o.), 44 (o.), 45 (o.), 48, 57, 59, 63, 113 (b.), 11 (b.), 79, 80 (l.), 82, 111, 137, 149, 150 (o.), 153, 155, 165, 167, 169, 171, 172 (b.), 173 (b.), 175 (b.), 177 (r.), 178 (o.), 179, 182, 183, 194 (b.), 195, 197, 198,

ISBN 978 94 020 6906 8

Release 2021, eerste oplage

MALMBERG

201, 202, 203, 206, 208, 211, 215, 219 (b.), 226, 235, 243, 246, 249, 252 (b.), 252 (o.), 254; Franco Origlia/GettyImages/ Franco Origlia/GettyImages: Pag. 227; Gemeente Amsterdam: Pag. 159 (b.); Getty Images/Sygma/Yves Forestier: Pag. 228 (o.); Imageselect /Alamy: Pag. 228 (b.); Imageselect/Alamy/ Colin Garratt : Pag. 20; iStockphoto/Canetti: Pag. 113 (o.); iStockphoto/FatCamera: Pag. 248; Marcel Braat: Pag. 199 (o.); Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 26, 51, 77, 139 (o.), 159 (o.), 175 (o.), 244, 245, 253 (m.), 253 (r.), 87; Nationale Beeldbank/Arthur van Leeuwen: Pag. 250; Nationale Beeldbank/Robert Hoetink: Pag. 166 (r.); Ozobot Benelux via TJM Supplies B.V. /www.ozobot-benelux.nl: Pag. 17; Science Photo Library/ANP Foto, Den Haag/Science Photo Library: Pag. 225 (b.); Science Photo Library/ANP Foto/Andrew Lambert Photography: Pag. 253 (l.); Science Photo Library/Burger/Phanie: Pag. 217 (.b.), 217 (m.b.); Science Photo Library/ISM: Pag. 222; Science Photo Library/ Sputnik: Pag. 196; Shutterstock/24Novembers: Pag. 145 (b.); Shutterstock/A. L. Spangler: Pag. 139 (r.b.); Shutterstock/ Alexander Kolomietz: Pag. 172 (o.); Shutterstock/Alexander Oganezov: Pag. 163; Shutterstock/April stock: Pag. 219 (o.); Shutterstock/Balifilm: Pag. 103 (o.); Shutterstock/ ChameleonsEye: Pag. 15 (o.); Shutterstock/Dennis van de Water: Pag. 6/7; Shutterstock/DewDrops Images: Pag. 11 (o.); Shutterstock/DJ Mattaar: Pag. 94; Shutterstock/ Dominic Gentilcore PhD: Pag. 141; Shutterstock/Ewa Studio: Pag. 89; Shutterstock/FabrikaSimf: Pag. 27 (b.); Shutterstock/Frank Peters: Pag. 168; Shutterstock/guruXOX: Pag. 144; Shutterstock/Imagentle: Pag. 95; Shutterstock/ Ivan Smuk: Pag. 28; Shutterstock/Jurand: Pag. 173 (o.); Shutterstock/Kjetil Kolbjornsrud: Pag. 213; Shutterstock/ lapandr: Pag. 47; Shutterstock/Luciana Serra, Shutterstock/ Neflo Photo, Dreamstime/Morenosoppelsa, Shutterstock/ hxdyl, Shutterstock/industryviews, ANP Foto/Dijkstra BV/Cor Salverius: Pag. 160 (b.); Shutterstock/Lukas Wunderlich: Pag. 145 (o.); Shutterstock/Mark_Kostich: Pag. 218; Shutterstock/ Marques: Pag. 143; Shutterstock/Mila Drumeva: Pag. 25; Shutterstock/Milosz Maslanka: Pag. 205 (o.); Shutterstock/ MJTH: Pag. 54 (l.); Shutterstock/Monkey Business Images: Pag. 221; Shutterstock/muratart: Pag. 170; Shutterstock/ Nor Gal: Pag. 91 (b.); Shutterstock/Pinhead Studio: Pag. 151 (b.); Shutterstock/Pressmaster: Pag. 151 (l.o.); Shutterstock/ Rabbitmindphoto: Pag. 92 (o.); Shutterstock/Reanprayoon: Pag. 139 (l.b.); Shutterstock/Rena Schild: Pag. 140 (o.); Shutterstock/samunella: Pag. 225 (o.), 240; Shutterstock/ Sean Nel: Pag. 41; Shutterstock/slowmotiongli: Pag. 223; Shutterstock/sruilk: Pag. 49 (l.b.), 49 (r.b.); Shutterstock/ Suat Eracar: Pag. 150 (b.); Shutterstock/SvedOliver: Pag. 192/193; Shutterstock/Tania Volosianko: Pag. 104 (b.); Shutterstock/Telia/Belinda Turner/Neil Tackaberry/Antonio Guillem/Fotosr52: Pag. 148; Shutterstock/Thijs de Graaf: Pag. 166 (l.); Shutterstock/Tribalium: Pag. 130 (b.); Shutterstock/ Vladyslav Lehir: Pag. 102; Shutterstock/wavebreakmedia: Pag. 207, 233; Shutterstock/Yekatseryna Netuk: Pag. 96 (b.); Shutterstock/Yevhen Prozhyrko: Pag. 72/73; Shutterstock/ Yongkiet Jitwattanatam: Pag. 54 (r.); Shutterstock/Yousefsh: Pag. 151 (r.o.); Shutterstock/yurakrasil: Pag. 194 (o.); Shutterstock/zlikovec: Pag. 134/135; Solatube/Techcomlight, Ede/Edwin Verbaal, Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 22; Stephan Roos, Vianen/APS Group, Eindhoven: Pag. 27 (o.); Stichting Duurzaam Verpakkingsglas/publiek domein: Pag. 160 (o.); Tom Carter/Agua Pura Para El Pueblo/ Tom Carter: Pag. 109 (l.o.)

OMSLAG

Shutterstock/altrendo images

Je mag dit boek houden. Handig als naslagwerk.

Je mag in dit boek schrijven en aantekeningen maken.

Je hebt ook toegang tot de online leeromgeving.

AUTEURS

S. Michon

F. Kappers

C. Schatorjé

T. Seynaeve

ISBN 978 94 020 6906 8

596166

MALMBERG